

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1984:151

SELVITYS RAKENNETUISTA POHJA-
PADOISTA

SAKARI HALTTUNEN
ESKO LAKSO

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA



1982-151

SELVITYS RAKENNETUISTA POHJA-
PADOISTA

SAKARI HALTTUNEN
ESKO LAKSO

Vesihallitus
Kokkola 1983

S I S Ä L L Y S

Sivu

JOHDANTO	5
1. LÄHTÖKOHDAT	5
1.1. Pohjapatojen rakentamisen syyt ja vaikutukset	5
1.11 Virtaussuhteet	5
1.12 Rantasortumat	7
1.13 Eroosio	9
1.14 Hyyde	11
1.15 Veden laatu	13
1.16 Kalan kulku	14
1.17 Kasvillisuus	15
1.18 Vesimaisema	16
1.19 Virkistyskäyttö	16
1.2 Pohjapatojen rakenne	17
1.21 Maarakenteiset pohjapadot	17
1.22 Betonirakenteinen pohjapato	18
1.23 Alivirtaama-aukot ja kulkutiet	19
1.3 Pohjapadon vauriot	19
1.4 Pienoismallikokeiden käyttö pohjapatojen suunnittelussa	22
2. SUORITETTU INVENTOINTI JA SEN TULOKSET	23
2.1 Yleistä	23
2.2 Jokipadot	24
2.21 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista	24
2.22 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset	25
2.23 Muut vaikutukset	27
2.3 Vähävetisten uomien pohjapadot	29
2.31 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista	29
2.32 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset	29
2.33 Muut vaikutukset	31
2.4 Kaivettujen uomien pohjapadot	31
2.41 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista	31
2.42 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset	31
2.43 Muut vaikutukset	32
2.5 Järven luusuoihin ja järviin tehdyt padot	32
3. SUORITETUT KENTÄTUTKIMUKSET	33
3.1 Veden laatu	33
3.11 Nurmonjoki	33
3.12 Piipsjärvi	35
3.2 Kalan kulku Nurmonjoella	36
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	37
4.1 Pohjapatojen liittyminen muuhun vesistörakentamiseen	37
4.2 Pohjapatojen vaikutus	38
4.21 Geotekninen merkitys	38
4.22 Eroosion estäminen	38
4.23 Suppojään estäminen	39
4.24 Veden laadun muutokset	39
4.25 Vesihuollon tarpeet	39
4.26 Kalan kulku	40
4.27 Vesimaisema	40
4.28 Virkistyskäyttö	41

4.3	Pohjapatojen rakenne	41
4.31	Materiaalin valinta	41
4.32	Maarakenteisen pohjapadon rakentaminen ja kunnossapito	42
5.	SUOSITUKSET POHJAPATORAKENTAMISEN KEHITTÄMISEKSI	43
5.1	Suunnittelu	43
5.11	Yleissuunnittelu	43
5.11	Rakennesuunnittelu	43
5.2	Padon rakentaminen	43
5.3	Tutkimus- ja kehitystoiminta	44
	YHTEENVETO	45
	LIITTEET	

J O H D A N T O

Pohjapatojen rakentaminen jokiin ja järvien luusuoihin on nähty eräänä keinona parantaa yläpuolisen vesistönosan vesimaisemaa, vesien virkistyskäyttöä ja veden hankintaa. Joissakin tapauksissa pohjapatoja on rakennettu geoteknisistä syistä ja vesistönosan jääongelmien ratkaisemiseksi.

Pohjapatoja on rakennettu erityisesti Pohjanmaan vesistötöiden yhteydessä parin viime vuosikymmenen aikana. Kokemuksia jo rakennettujen pohjapatojen geoteknisestä kestävydestä sekä erilaisten ratkaisujen sopivuudesta ympäristöön ei ole kerätty. Lisäksi ei ole selvitetty pohjapatojen rakentamisen syynä olleiden tavoitteiden täyttymistä eikä pohjapatojen vaikutuksia vesien muihin käyttömuotoihin.

Tämän selvityksen tarkoituksena on kartoittaa viime vuosikymmeninä rakennettujen pohjapatojen geotekninen kestävyys, asetettujen tavoitteiden täyttyminen sekä pohjapatojen vaikutukset vesien eri käyttömuotoihin. Inventoinnin perusteella tehdään ehdotuksia jo rakennettujen pohjapatojen tarkkailua ja kunnossapitoa varten sekä ohjeita uusien pohjapatojen suunnittelusta ja rakentamisesta.

Tämän selvityksen ulkopuolelle on jätetty vanhat myllypadot. Lisäksi tarkastelun ulkopuolelle on jätetty voimalaitosten yhteydessä ja järvien luusuoissa olevat säännöstelypadot. Tämän tarkastelun puitteissa olevien patojen säännöstelylaitteilla voidaan säännöstellä rajoitetusti. Esim. padoilla voidaan tasata voimalaitosten lyhytaikaissäädön aiheuttamia vedenkorkeuden tai virtaaman vaihteluita tietyllä jokiosalla.

Tämä tutkimus kuuluu osaprojektina Pohjanmaan vesistörakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektiin. Tutkimuksen suorittamiseksi nimettiin seuraava työryhmä:

Vanh.ins. Martti Kujanpää
Vanh.ins. Unto Huttu
Ins. Juha Kauto
TKL Esko Lakso

Vaasan vesipiiri (puh.joht.)
Vaasan vesipiiri
Oulun vesipiiri
VH/teknillinen tutkimustoimisto

Lisäksi työryhmän työskentelyyn on osallistunut dipl.ins. Risto Kuusiniemi teknillisestä tutkimustoimistosta. Pohjapatoja koskevan tietomateriaalin keruun ja käsittelyn on tehnyt tekn.yo Sakari Halttunen.

1 L Ä H T Ö K O H D A T

1.1 POHJAPATOJEN RAKENTAMISEN SYYT JA VAIKUTUKSET

1.11 V i r t a u s s u h t e e t

Pohjapatojen rakentamisen syiden ja vaikutusten tarkastelu aloitetaan virtaussuhteissa tapahtuvista muutoksista, koska uoman veden korkeuden ja virtauksen muutokset johtavat vaikutuksensa toisiin jäljempänä esitettäviin tekijöihin.

Seuraavat kaavat kuvaavat kuinka padotus vaikuttaa joen virtaukseen:

$$Q = v_k A \quad (1)$$

$$v_k = l/t \quad (2)$$

$$A = f(h) \quad (3)$$

Q = virtaama

v_k = veden keskinopeus

A = vesipoikkileikkauksen pinta-ala

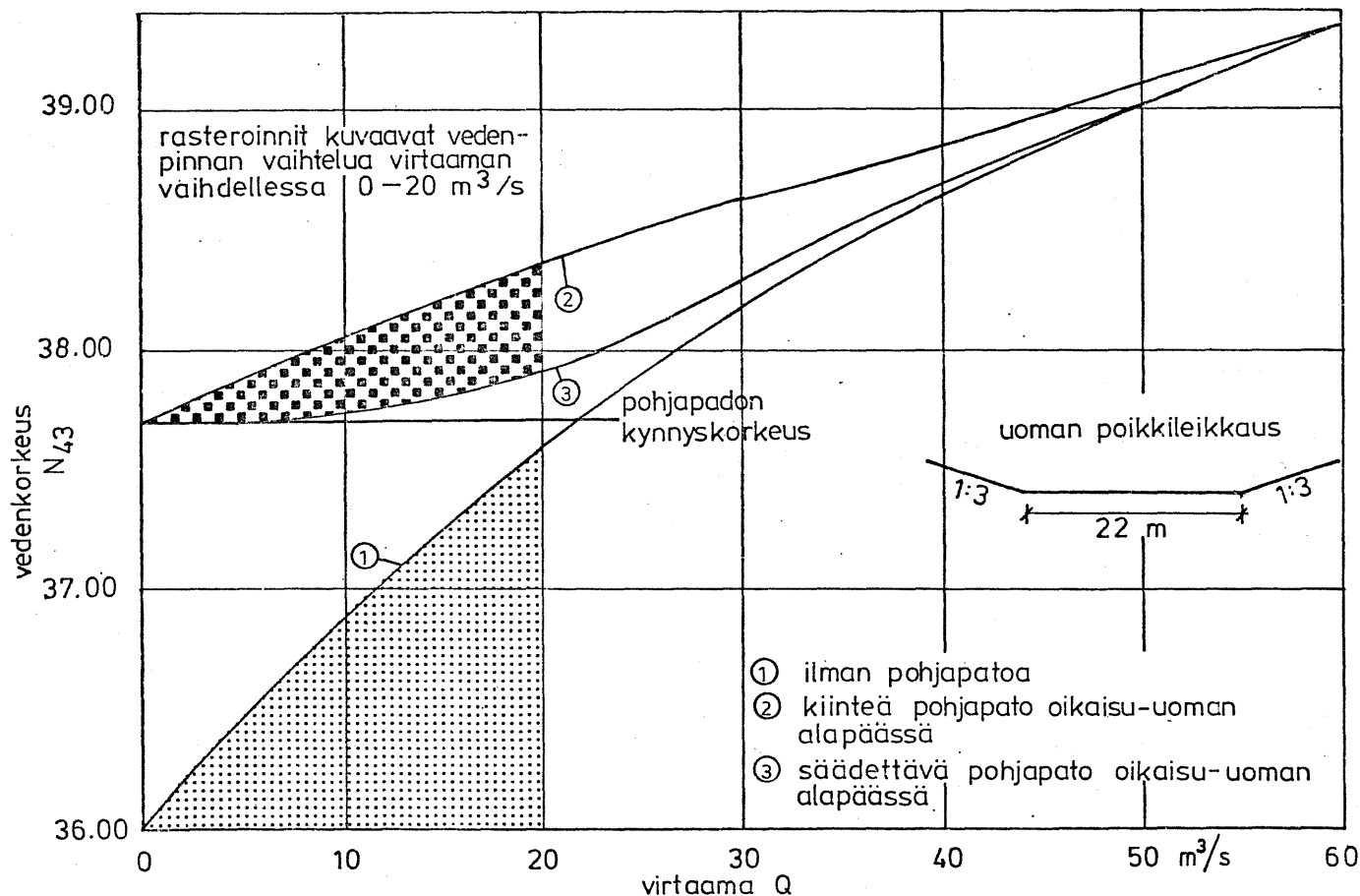
l = matka

t = aika

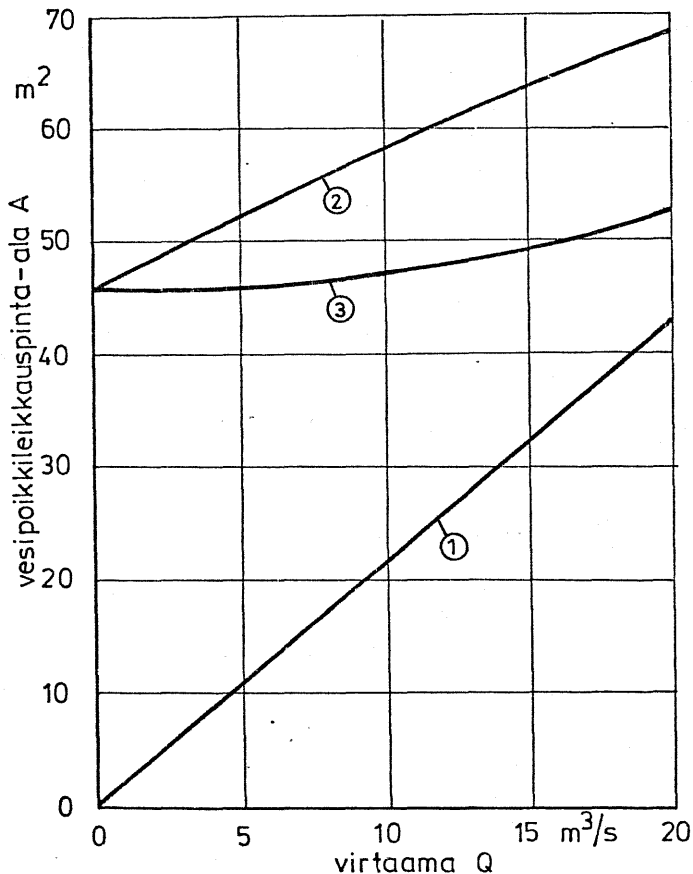
h = veden syvyys

Yllä olevissa kaavoissa vesipoikkileikkauksen pinta-ala on vesisyvyyden kasvava funktio. Virtaaman ollessa vakio ja vesisyvyyden lisääntyessä pienenee veden keskinopeus ja viipymä kasvaa. Edellä sanottu havainnollistuu käytännön esimerkin avulla:

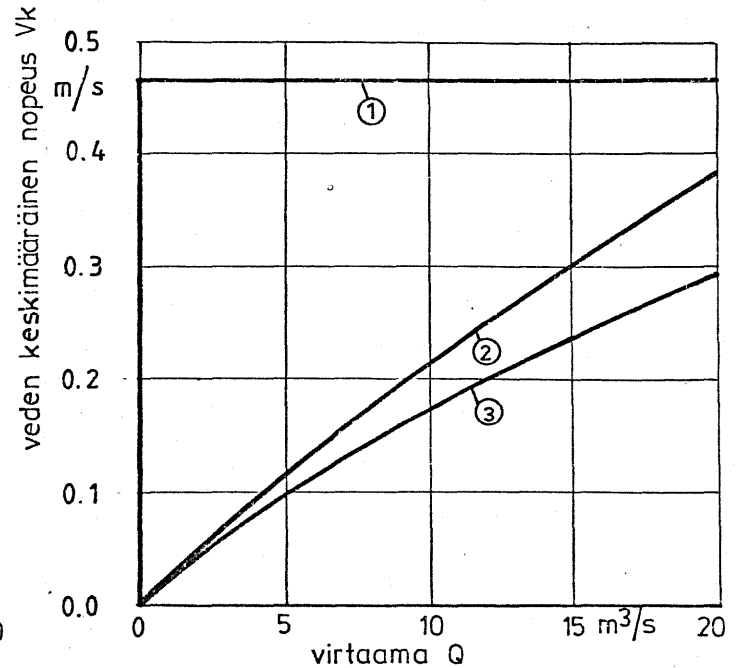
Seinäjoen oikaisu-uoman (pituus 7,0 km) alapäähän suunniteltiin sekä kiinteä että säädettävä pato. Säädettävä pohjapato pitää vedenkorkeuden vakiona välittömästi pohjapadon yläpuolella. Niiden vaikutukset vedenkorkeuteen uoman yläpäässä on laskettu ja tulokset esitetään kuvassa 1. Vesipoikkileikkausalan ja veden keskimääräisen nopeuden riippuvuus virtaamasta ilmenee kuvista 2 ja 3.



Kuva 1. Seinäjoen oikaisu-uoman lähtökohdan vedenkorkeudet 1) ilman pohjapatoa, 2) kiinteä pohjapato oikaisu-uoman alapäässä ja 3) säädettävä pohjapato oikaisu-uoman alapäässä.



Kuva 2. Seinäjoen oikaisu-uoman lähtökohdan vesipoikkileikkauspinta-alat vaihtoehdoissa 1, 2 ja 3.



Kuva 3. Seinäjoen oikaisu-uoman lähtökohdan keskimääräiset vedennopeudet vaihtoehdoissa 1, 2 ja 3.

Kuvasta 1 havaitaan, että pohjapato pienentää vedenkorkeuden vaihteluita huomattavasti. Tässä tapauksessa virtaaman vaihdelllessa $0 \dots 20 m^3/s$ kiinteällä pohjapadolla varustetun uoman vedenkorkeuden vaihtelu on 40 % ilman pohjapatoa toteutettuun vaihtoehtoon verrattuna. Säädettyvällä pohjapadolla varustettuna on vaihteluväli vain 12,5 % ilman pohjapatoa toteutetusta vaihtoehdosta. Alimman vedenkorkeuden noustessa syntyy myös uutta virtaamasta riippumatonta vesialuetta.

Kuvasta 2 selviävät eri vaihtoehtojen vesipoikkileikkauspinta-alan muutokset. Kuva 3 osoittaa keskimääräisten vedennopeuksien alentuneen kummassakin pohjapatoratkaisussa. Tästä seuraa, että pohjapatoratkaisuissa myös veden viipymä uomassa kasvaa. Kiinteä pohjapato lisää viipymää enemmän kuin säädetty pohjapato.

1.12 Rantasortumat

Vedenpintaa nostamalla voidaan parantaa rantatörmien vakavuutta. Vesi toimii vastapainona vähentäen siten sortuma-alttiutta. Vedenkorkeuden vaikutus rantatörmien vakavuuteen voidaan selvittää tavalliseen tapaan liukupinta-analyysillä.

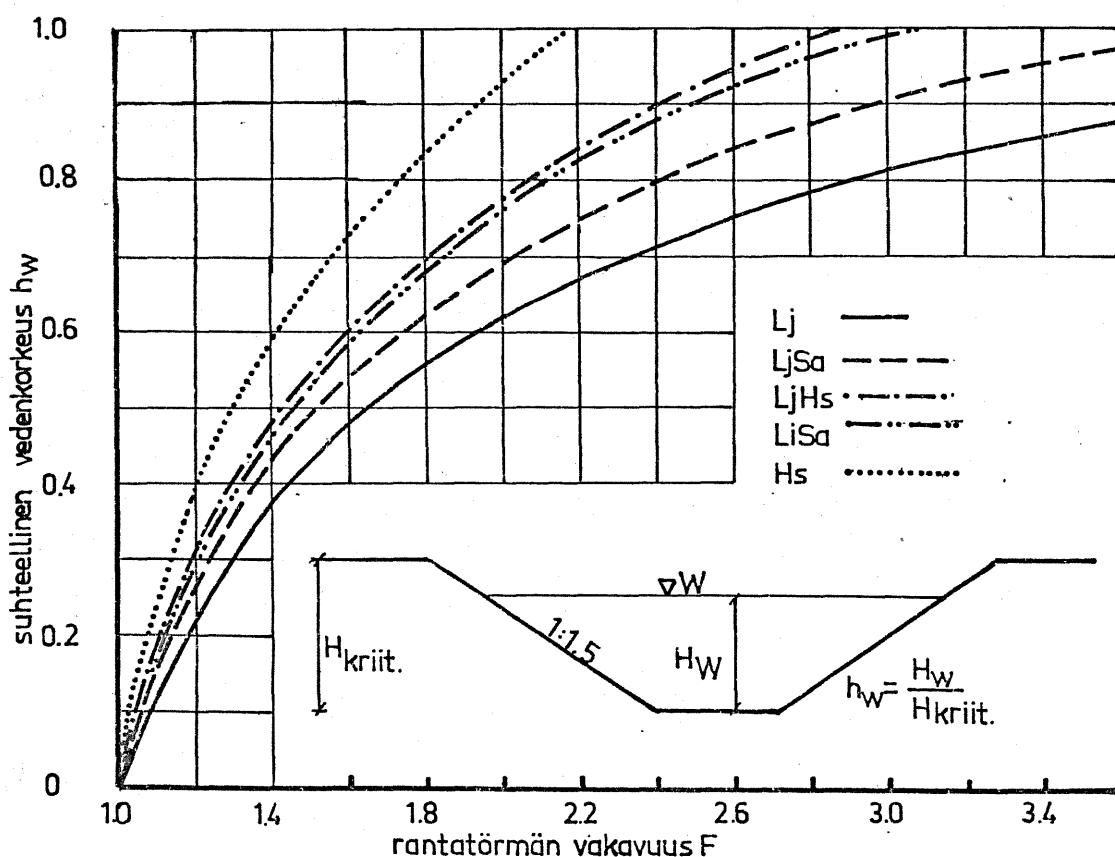
Osittain vedenpeittämän rantatörmän varmuuskerroin kasvaa huomattavasti hitaammin vedenpinnan ollessa lähellä uoman pohjaa kuin vedenpinnan

lähestyessä rantatörmän yläreunaa. Vedenpinnan vaihtelun aiheuttama vakavuuden pieneneminen veden laskiessa noudattaa samaa periaatetta.

Kuvassa 4 on (K.H. Korhonen, 1962) otettu esimerkki, jossa esitetään vedenkorkeuden vaikutus kaivetun uoman luiskan vakavuuteen. Vakavuuskerroin on merkitty 1,00 :ksi veden syvyyden ollessa nolla, jolloin uoma on kaivettu kuivana kriittilliseen syvyyteen. Maan leikkauslujuudelle ja tilavuuspainolle on käytetty taulukossa 1 esitettyjä arvoja.

Taulukko 1. Kuvassa 4 käytetyt maan leikkauslujuuden ja tilavuuspainon arvot.

Maalaji	Leikkauslujuus (s) kN/m ²	Tilavuuspaino (γ) kN/m ³
Lj	4,1	12,0
LjSa	6,2	13,6
LjHs	7,2	15,1
LiSa	6,2	14,8
Hs	18,0	18,6



Kuva 4. Uoman vedenkorkeuden vaikutus rantatörmän vakavuuteen koheesiomailla (K.H. Korhonen, 1962).

Parhaat tulokset rantatörmien vakavuuden parantamisesta vesipintaa nostamalla saadaan koheesiomailla. Tarvittava padotus saadaan aikaan

mm. pohjapatoja rakentamalla. Pohjapatojen mitoituksessa on varottava, ettei padotus tule suurilla virtaamilla haitalliseksi.

1.13 Eroosio

Joen virtaus irroittaa uomastaan maahiukkasia, jotka kulkevat virran mukana. Virtausnopeus vaihtelee huomattavasti uoman eri osissa ollen rajapinnoilla pienimmillään. Virtausnopeudella tarkoitetaan keskimääräistä veden nopeutta.

Eroosion kestävyuden rajanopeus ei ole yksikäsitteisesti määrätty arvo edes samankokoisille maarakeille, vaan se riippuu ympäröivistä olosuhteista. Eroosion kestävyuden rajanopeus on riippuvainen maarakeen painosta. Käytettäessä maalle keskimääräistä tilavuuspainoa, se on riippuvainen maarakeen halkaisijasta seuraavasti:

$$v_{er} = c \sqrt{d} \quad (4)$$

v_{er} = eroosion kestävyuden rajanopeus (m/s)

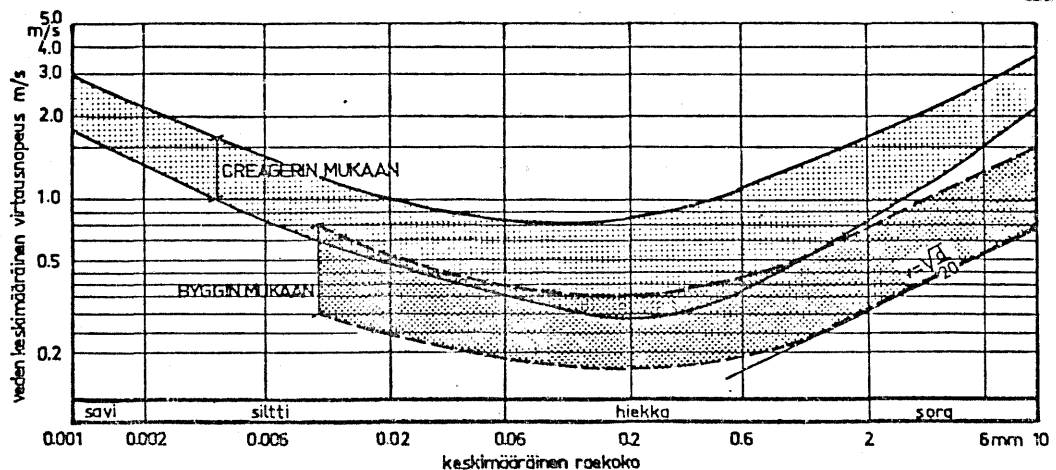
c = kokemusperäinen kerroin

d = rakeen halkaisija (mm)

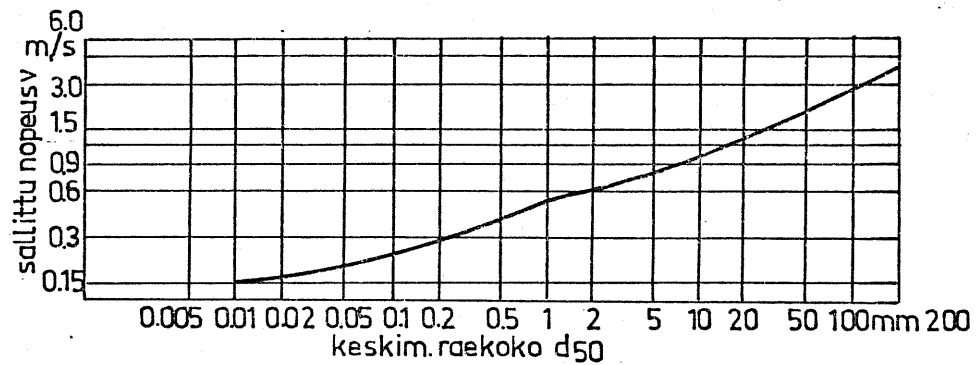
Kuvassa 5 on kaava (4) esitetty graafisesti ($c = 1/\sqrt{20}$). (TVH:n maanrakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita, 1972).

Kaavan käyttökelpoisuus rajoittuu alueelle $d > 0,5$ mm, koska se ei ota huomioon koheesiovoimia. Kuvassa 5 on myös BYGG-käsikirjan ja Greagerin esittämät eroosiokestävyyden rajanopeusvyöhykkeet. Näistä käyristä on selvästi havaittavissa, että eroosiokestävyydeltään huonompia ovat suhteellisen hienorakeiset maalajit, joissa ei esiinny koheesiota. Raekoon suuretessa kärkeitten maalajien eroosion kestävyys lisääntyy täyslogaritmisessa mittakaavassa suoraviivaisesti, ja vastaavasti hienorakeisimpien maalajien eroosionkestävyys lisääntyy maalajien raekoon pienentyessä.

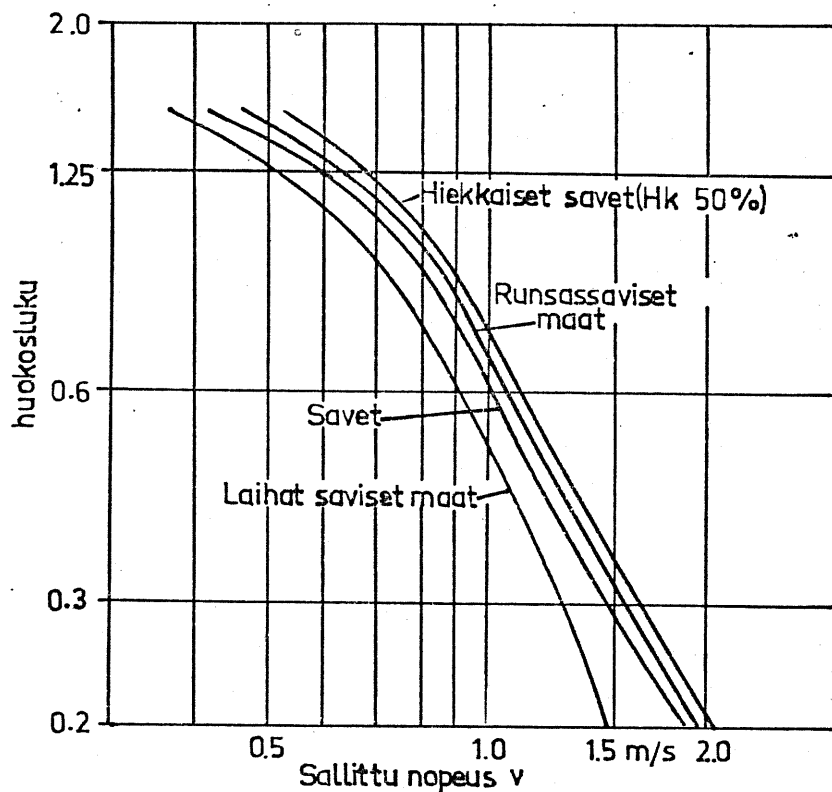
Kuvissa 6 ja 7 on Ven Te Chow'n esittämät eroosiokestävyyden rajanopeudet. Kitkamaalajien eroosiokestävyys on esitetty riippuvan kuten edellä raekoosta, mutta koheesiomaalajien eroosio riippuu pääasiassa maan tiiveydestä ja vähemmän raekoosta.



Kuva 5. Eroosion rajanopeuden vyöhykkeet BYGG-käsikirjan, Greagerin ja Jakobsonin mukaan.



Kuva 6. Sallittu keskimääräinen nopeus kitkamailla
(Ven Te Chow, 1959; Inskon julkaisu n:o 73, 1977).



Kuva 7. Sallittu keskimääräinen nopeus koheesiomailla
(Ven Te Chow, 1959; Inskon julkaisu n:o 73, 1977).

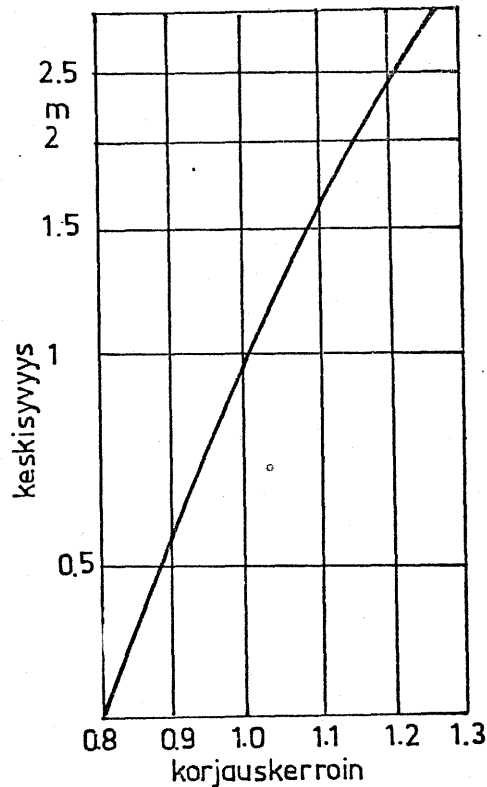
Kuvassa 8 on esitetty rajanopeuden korjauskerroin, joka riippuu veden keskimääräisestä syvyydestä.

Uoman mutkaisuuden takia on alennettava sallittua vedennopeutta. Lane (Inskon julkaisu n:o 73, 1977) on ehdottanut seuraavia arvoja:

5 %	loivasti mutkitteleva
13 %	kohtalaisesti mutkitteleva
22 %	jyrkästi mutkitteleva

Padotuksella voidaan hidastaa vedennopeutta eroosioalttiilla alueilla alle rajanopeuden. Nopea virtaus keskitetään tällöin pohjapadon.

takaluiskaan, jonka verhoukset mitoitetaan virtausnopeuden mukaiseksi.



Kuva 8. Vesisyvyydestä johtuva korjauskertoimen sekä kitka- että koheesiomaille (Inskon julkaisu n:o 73, 1977).

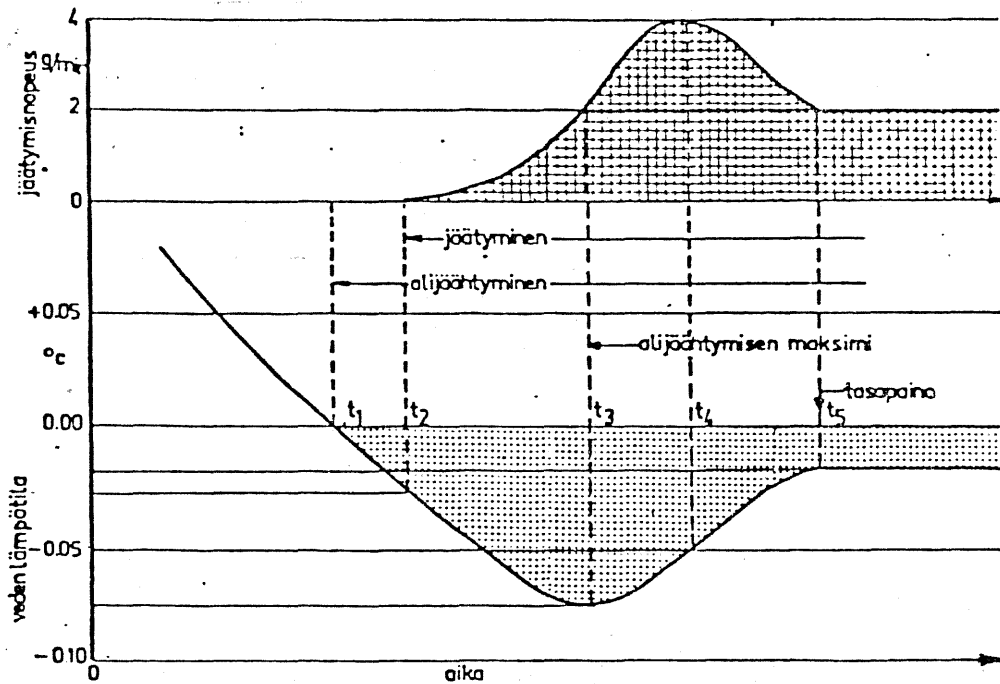
1.14 H y y d e

Joen jäätyminen voi tapahtua joko staattisesti tai dynaamisesti. Staattinen jäänmuodostuminen tapahtuu joko jääpinnan leviämisenä rannoilta keskelle päin tai lauttojen ja sohjon jäätyminenä jääkannen reunaan. Dynaaminen jäänmuodostuminen tapahtuu turbulентtisesti virtaavassa alijäähtyneessä vedessä, kun vedestä muodostuu neulasen, levykkeen tai hattaran muotoisia jäänmuodostumia eli hyydettä.

Hyyteen keräytyessä hitaasti virtaaviin joen osiin muodostuu suppoa, joka voi tukkia veden kulun jääkannen alla ja muodostaa suppotulvaa. Hyyde voi myös tarttua pohjaan tai muuhun esteeseen muodostaen pohja-jäätä. Veden virratessa turbulентtisesti sen lämpötila voi laskea alle 0°C , riippuen pakkasen ankaruudesta ja veden määrästä uomassa.

Hyydehileen kehitys on esitetty kuvassa 9. Ajankohtana t_1 lämpötila sivuuttaa 0°C . Ajankohtana t_2 alkaa kiteytyminen ja tällöin vapautuu jään latenttinen eli piilevä lämpö, joka on niin vähäistä, että se vain hidastaa lämpötilan alenemista. Mitä alempaan alijäähtymisen asteeseen tullaan, sitä suuremmalla nopeudella kiteitä muodostuu ja sitä enemmän latenttista lämpöä vapautuu. Määrätyllä hetkellä t_3 vapautuvan lämmön määrä on yhtä suuri kuin lämmön luovutus vedestä ilmaan. Tällöin saavutetaan alijäähtymisen maksimi-arvo. Tämänkin jälkeen kiteytyminen jatkuu, mutta samalla alkaa veden lämpötila kohota

ja ajanhetkellä t_4 saavutetaan jäätymisnopeuden maksimiarvo. Kiteytymisnopeus sen jälkeen pienenee samalla kun lämpötila kohoaa, kunnes nämä molemmat pitävät toisensa tasapainossa. Alijäähtyneen veden muodostamat kiteet ovat aktiivisia, eli herkkiä sitoutumaan toisiinsa tai muihin esteisiin. Kiteiden kehityksen päästyä tasapainoon niillä ei enää ole aktiivisia ominaisuuksia.



Kuva 9. Hyydehileiden muodostumisnopeus ja lämpötilan kehitys (Palosuo, 1978).

Kuten edellä selostettiin, ajautuu muodostunut hyyde virtaa alaspäin ja kerääntyy vähitellen tyyniin suvantopaikkoihin. Tällainen jokialue voidaan jakaa kolmeen erilaiseen osaan (Palosuo, 1978).

1. Nopean virtauksen alue ($v > 1,2$ m/s)

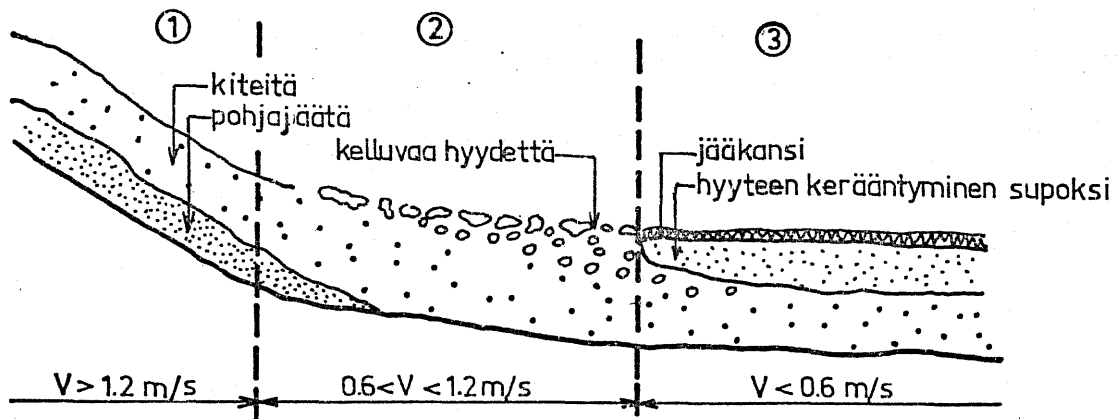
Jäähtyminen on siinä voimakasta, mutta keskivirta pysyy avoimena. Vesi alijäähtyy ja siinä muodostuu hyydettä. Se ja mahdollisesti yläjuoksulta irronneet lautat ajautuvat virran mukana alaspäin.

2. Keskimääräisen virtauksen alue ($1,2$ m/s $> v > 0,6$ m/s)

Veden pinta on suurelta osalta sohjoisen hyyteen peittämä. Sillä on jo lämmönluovutusta pienentävä vaikutus ja jään tuotto on vähäistä. Veden lämpötila on lähellä $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Pohja-jäättä tuskin enää esiintyy.) Irrallinen jää pyrkii vielä ajautumaan virtaa alaspäin.

3. Hitaan virtauksen alue ($v < 0,6$ m/s)

Veden pinta on kokonaan sohjon peittämä. Sohjo pyrkii jäätymään kiinteäksi jääkanneksi. Kun pintaan on muodostunut kiinteä jääpeite, eristää se myös tehokkaasti lämmönluovutusta ja muutokset tapahtuvat hitaasti. Jääkanne alla on suppoa, joka voi täyttää uoman paikoin kokonaan.

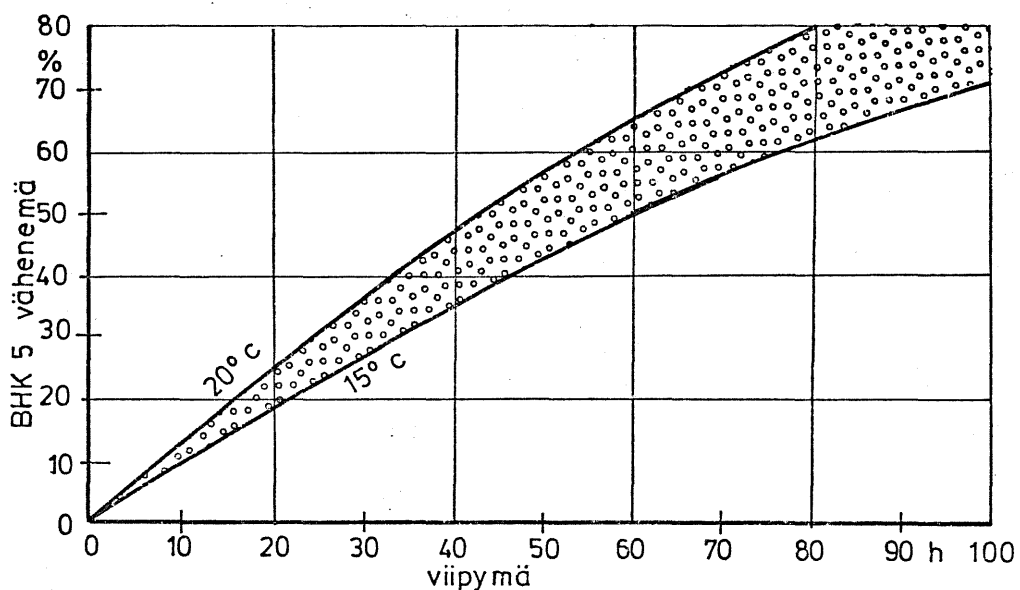


Kuva 10. Kaaviokuva erilaisista hyide- ja suppoalueista koskessa ja sen alapuolella (Palosuo, 1978).

Pohjapato pienentää nopean virtauksen alueen vedennopeuden alle arvon $0,6 \text{ m/s}$, jolloin veden alijäähtyminen estyy ja jää muodostuu staattisesti. Vesi säilyttää paremmin lämpönsä jääkannen alla ja on padolle tullessaan lämpimämpää. Silloin se ei niin helposti joudu alijäähtyneeseen tilaan, vaikka joutuukin lyhyellä matkalla pakkasen jäähdyttämäksi veden virratessa yli $1,2 \text{ m/s}$ nopeudella. Alivirtaamalla tilannetta voidaan helpottaa myös patoaukolla, joka kokoaa virtaavan veden tiettyyn uomanosaan ja pienentää veden ja ilman yhteistä pintaa.

1.15 V e d e n l a a t u

Pohjapadon rakentamisen johdosta vesistön veden laatu muuttuu sekä padon yläpuolisessa suvannossa että itse padossa. Vedenpinnan nosto lisää viipymää yläpuolisessa suvannossa. Mikäli viipymän kasvu on prosentuaalisesti tai ajallisesti vähäinen, ei sillä ole merkitystä veden laatuun. Sellaisessa tapauksessa, että viipymä kasvaa oleellisesti, esim. useita vuorokausia, suvannossa tapahtuu muutoksia sekä veden biologisina että mekaanisina reaktioina. Imhoff (1982) on esittänyt käyrän veden BHK-kuorman pienenemisestä jokisuvannossa (kuva 11).



Kuva 11. BHK-kuorman väheneminen jokisuvannossa Fairin mukaan (Imhoff, 1982).

Vedennosto lisää myös vesistön kuormitusta, mikäli orgaanista materiaalia sisältäviä rantoja jää veden alle. Veden alle jääneiden rantojen aiheuttama kuormitus on suurimmillaan muutamana vuotena vedennoston jälkeen. Kuormitusta voidaan vähentää raivaamalla rannan puhtaaksi orgaanisesta aineesta ennen vedennostoa.

Biologinen hajoitustoiminta kuluttaa veden happipitoisuutta. Patoaltaissa, joissa kuormitus on huomattava virtaamaan nähden, saattaa esiintyä vähähappisia tai hapettomia tilanteita kevättalvella ja syyskesällä. Kevättalvella jääpeite estää hapensaannin vesipinnan kautta. Syyskesällä, erityisesti leväkukintojen jälkitilanteessa, vedenpinnasta veteen imeytyvä happimäärä saattaa olla riittämätön korvaamaan hajoitustoiminnasta syntyneen hapenvajauksen. Imeytyvään happimäärään vaikuttaa virtausnopeuden aleneminen, joka vähentää turbulenssia. Tällöin hapen sekoittuminen veteen heikkenee. Jos vesi on hapetonta tai veden happipitoisuus on vähäinen, alkaa veteen liueta ravinteita ja metalleja. Tällöin veden laatu heikkenee nopeasti.

Pohjapato muuttaa veteen liuenneiden kaasujen määrää, lähinnä happipitoisuutta. Pohjapadon hapetuskyky riippuu padotuskorkeudesta ja padon muodosta. Veden happipitoisuutta nostettaessa tavoitteena on, että vesi ja ilma sekoittuisivat padossa mahdollisimman hyvin keskenään. Lisäksi pohjapadon hapen lisäys on suoraan verrannollinen hapen vajaukseen kaavan (5) mukaisesti.

$$K = \frac{c_s - c_e}{c_s - c_d} \quad (5)$$

c_s = hapen kyllästyspitoisuus vedessä

c_d = hapen pitoisuus vedessä ennen ilmastusta

c_e = hapen pitoisuus vedessä ilmastuksen jälkeen

K = vakio, jonka arvo on välillä 0...1, tietyllä virtaamalla ja putouuskorkeudella

Talviolosuhteissa voi erityisesti loivaluiskainen pato saada täyden jääkannen, jolloin veden hapensaanti estyy. Jäävaikeuksien välttämiseksi ylisyyksypato, jossa on riittävä alaveden syvyys, on loivaluiskaista patoa parempi ratkaisu.

Mikäli veden happipitoisuuden nosto on merkittävä peruste pohjapadon rakentamiseksi, täydellinen ylisyyksypato lienee suositeltavin ratkaisu. Esimerkiksi Padingin ylisyyksypadolla saatiin 1 m putouuskorkeutta käyttäen veden happipitoisuus kohoamaan arvosta 4 mg/l arvoon 8 mg/l. Vastaavasti havaittu veden happipitoisuuden nousu 2 m putouuskorkeudella oli arvosta 1 mg/l arvoon 7,7 mg/l. Padingin ylisyyksypadolla käytettiin vedenjakajia tehostamaan ilmastusta (Lakso, 1981).

1.16 K a l a n k u l k u

Pohjapadot eivät paranna kalan kulkua vaan muodostavat sen kululle haitallisen esteen. Kalan kulun pohjapadon yli jokea ylöspäin voi estää riittämätön vesimäärä, liian jyrkkä putous tai liian suuri vedennopeus.

Pieni virtaama voidaan keskittää alivirtaama-aukon kautta riittäväksi. Jyrkkä putous tai nopea virtaus voidaan ohittaa tekemällä oma kalalle sopiva reitti padon yli. Tällaisia ratkaisuja on useita eri tyypejä.

Samat syyt kuin edellä saattavat estää jokea alaspäin suuntautuvan kulun. Tällöin jyrkkä putous tai voimakas virta voivat aiheuttaa kalojen vahingoittumisen niiden törmätessä esteisiin.

Jos padon rakenteen vuoksi joudutaan turvautumaan erityiseen kalareittiin, ei pelkän reitin rakentaminen riitä, vaan täytyy myös ratkaista se, kuinka kala sille houkutellaan. Yksi mahdollisuus on apuvirtojen käyttö. Oikein suunnattuina apuvirrat katkaisevat päävirran aiheuttaman houkutuksen ja johtavat kalan sille suunnitellulle reitille.

Patoaminen muutta myös yläpuolisen vesistön tilaa, josta voi seurata kalaston tasapainotilan muutoksia. Virtaustilan muutos aiheuttaa sen, että virtaläjit, kuten harjus ja taimen, taantuvat ja järviolosuhteisiin sopeutuvat kalalajit, kuten särki, ahven ja hauki lisääntyvät (Kuusisto, 1973).

1.17 Kasvillisuus

Virtausnopeuden muutos vaikeuttaa virtaavan veden kasvien elinolosuhteita. Suvannoissa viihtyvät paremmin upos- ja kelluslehtiset lajit ja muutamat ilmaversoiset kasvit. Altaiden alaosissa järviluonne näkyy selvemmin kuin altaiden yläosissa, joissa veden virtausnopeus on suurempi.

Rantakasvien kasvivyöhykkeet seuraavat veden nousun mukana. Selvimpänä muutos havaitaan hydro- ja geoamfibionttiportaiden ylä- ja alaveden vaihteluvälin kasvillisuusvyöhykkeiden kaventumisena ja siirtymisenä lähemmäksi veden pintaa. Uuden tasapainotilan saavuttaminen on hidasta (Kuusisto, 1973).

Vedennostoa toimenpiteenä voidaan sen vaikutuspiirin puuston kannalta tarkastella karkeasti kahtena erilaisena tilanteena. Mikäli vedennosto tapahtuu sellaisten rajojen sisäpuolella, joissa vedenkorkeudet ovat satunnaisesti vaihdelleet jo ennen hankkeen toteutusta, ei puustolle pitäisi pelkästään vedennostosta aiheutua erityisen suurta haittaa.

Kun kysymys on huomattavasta vedennostosta on tarkastelun lähtökohtina raivausrajalla ja sen läheisyydessä kasvavan puuston elinolosuhteet ennen ja jälkeen hankkeen toteutuksen. Puuston kasvupohjan ja sen myötä juuriston vesitaloudelliset olosuhteet saattavat muuttua ennen hankkeen toteutusta ja sen jälkeen vallitseviin olosuhteisiin nähden täysin päinvastaisiksi. Puuston reagointiin vaikuttaa paljolti se, miten se on juuristonsa muodostanut ja miten juuristo sijaitsee pohjaveteen nähden hankkeen toteutuksen jälkeen.

Yleisimpien puulajien kestävyysjärjestys tilapäisen vedennousun suhteen on: paju, leppä, hieskoivu, rauduskoivu, mänty ja kuusi. Pajun juuret kestävät parhaiten tilapäistä upoksissa oloa. Pysyvän vedennoston yhteydessä järjestys on sama paitsi kuusi kestää mäntyä paremmin koska sen juuristo on lähellä maan pintaa.

Jään aiheuttamien vaurioiden laatu riippupuiden koosta siten, että pensasmaiset kasvit (lähinnä paju, joskus myös leppä) repeytyvät irti. Noin 10 cm paksuiset puut taipuvat usein kaarelle ja paksummista puista hankautuu kuori pois. Yleensä rungoissa esiintyviä vaurioita alkaa ilmetä vasta yli 10 cm paksuissa puissa. Lehtipuista herkimpiä jään aiheuttamille vaurioille ovat leppä ja haapa. (Vesihallituksen tiedotus n:o 206, 1981). Tiheä rantapuusto suojaa tehokkasti jäätä vastaan niiden takana olevia puita ja rakenteita.

1.18 Vesimaisema

Vesi on sulassa muodossa maiseman voimakkain katseenvangitsija. Muodostaessaan avoimen maisemantilan se on itsenäisin elementti maisemassa. Vesi korostaa lähellä olevien muiden elementtien muotoa ja merkitystä, erityisesti liittymäkohdat ovat silmiinpistäviä. Täten vesimaiseman suunnitteluun ja hoitoon on kiinnitettävä huomiota (Vesihallituksen julkaisu n:o 2, 1972).

Hoitoprosessi alkaa maiseman inventoinnilla ja ominaisuuksien analysoinnilla. Tutustutaan paikan omaleimaisuuteen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Tarvittavat toimenpiteet yhdistetään suunnitelmassa siten, että uusi ja vanha ympäristö ja maisema liittyvät visuaalisesti kokonaisuudeksi ja toimivat hyvin yhdessä.

Hoitotoimenpiteet voidaan ajoittaa tehtäväksi ennen rakentamisen aiheuttamaa muutosta, sen yhteydessä tai jälkeenpäin. Yleensä hoito on helpointa suorittaa muiden rakennustöiden yhteydessä, jolla myös edistetään maiseman elpymistä muutosten jälkeen.

Käytettäessä padotusta jokimaiseman hoidossa olisi huomioitava uuden vedenkorkeuden sopivuus rannan muotoihin, sekä ranta- ja vesikasvillisuudessa tapahtuvat muutokset. Joen oma rytmi ja vaihtelu olisi pyrittävä säilyttämään. Detaljisuunnittelussa tulisi erityistä huomiota kiinnittää pohjapadon muotoiluun ja materiaaleihin, sillä pato katkaisee tasaisen vesipinnan ja saa erityistä huomiota osakseen. Pato voidaan sulattaa maisemaan miltei huomaamattomaksi tai se poikkeaa silmiinpistävästi joko positiivisesti tai negatiivisesti.

Vesimaiseman kannalta asiaa tarkastelleen olisi pohjapadon yhteydessä tapahtuvassa vedennostossa pyrittävä siihen, että se rantavyöhyke, jossa vesi yleisimmin vaihtelee, on mahdollisimman jyrkkä. Tällöin rantaviiva pysyy selkeänä.

1.19 Virkistyskäyttö

Virkistyskäytön perusmuodot, jotka liittyvät veteen ja siinä toimimiseen ovat kulku vedessä, kulku veden pinnalla tai jään päällä ja vesieläinten pyydystys. Perusmuodot voivat erikoistua ja liittyä toisiinsa, kehittyneimmillään ne vaativat erityisolosuhteita.

Pohjapadolla aiheutetun vedennousun ja sen seurauksen muuttava vaikutus vesistön virkistyskäyttöön on arvioitava kuitenkin yksinkertaisimpien ja yleisimpien muotojen kautta. Uinti-, veneily- ja kalastusmahdollisuuksien parantaminen ovat selviä kriteerejä. Erikoistuneemmat muodot vaativat hankekohtaisen tarkastelun ja vaikutukset on selvitettävä erikseen.

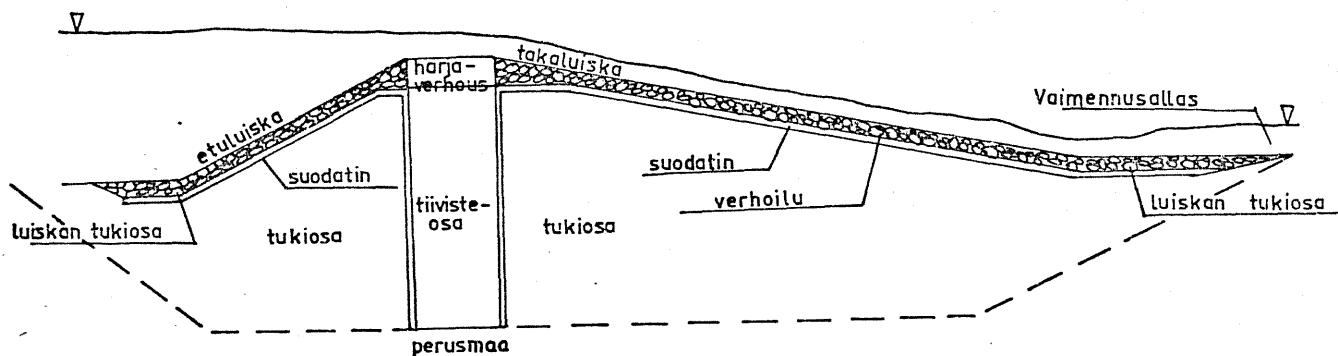
Uintiin vaikuttavia tekijöitä, joihin vedennosto voi vaikuttaa ovat veden syvyys, rannan ja veden laatu. Veneilyssä vaikutetaan laajenevaan, riittävän syvyiseen kulkualueeseen. Kalastuksessa tapahtuneet muutokset riippuvat paljon kalojen elinolosuhteissa tapahtuneista muutoksista, mutta myös pyydysten käyttömahdollisuuksista.

Suunnitteilla tai olemassa oleva loma-asutus, pysyvä asutus, retkeily- tai leirintäalue vesistön äärellä ovat kuitenkin edellytyksiä virkistyskäytön kehittämiseksi.

1.2 POHJAPADON RAKENNE

1.21 Maarakenteiset pohjapadot

Pohjapadon osat on esitetty kuvassa 12. Padon tärkein osa on tiivisteosa, muut osat tukevat ja suojaavat sitä. Tiivisteosan tehtävä on estää veden virtaus padon läpi. Sen tulee ulottua riittävän pitkälle uoman pohjan sisään tiiviiseen perusmaahan ja rantaluiskaan. Materiaalin valintaan vaikuttavat patopaikan perusmaa, tiiveysvaatimukset ja padon koko. Pienissä padoissa voidaan yleensä käyttää paikalta saatavaa sopivaa maa-ainesta. Suuremmissa padoissa erillinen tiivisteosa tehdään esim. moreenista tai muusta riittävän tiiviistä materiaalista. Padon tiivisteosa voidaan myös tehdä puisesta tai teräksisestä ponttiseinästä. Mikäli perustus on kallio, tai muuten tiivis ja kantava maapohja, voidaan tiivisteosa tehdä myös betonista.



Kuva 12. Pohjapadon periaatepoikkileikkaus ja padon osat.

Tiivisteosaan käytetyn materiaalin tärkein ominaisuus on se, että se säilyttää muotonsa patoon kohdistuvien kuormien vaikuttaessa.

Verhoilun tehtävä on suojata padon muita osia ulkoiselta eroosiolta. Materiaalin valintaan vaikuttavat veden suurin virtausnopeus ja jääolosuhteet. Näillä perusteilla on laadittu useita verhoilun keskimääräisen kivikoon valintamenetelmiä. Verhoilun tulee kattaa koko pato, myöskin rantaluiskat riittävän korkealle. Mikäli uoma ei kestä padon aiheuttamia poikkeuksellisia virtaussuhteita on verhoilu ulotettava padon alapuolelle riittävän pitkälle. Takaluiskan verhoilun jatkeena voidaan käyttää vaimennusallasta.

Harjaverhous on padotuskorkeuden alaraja. Harjaverhous mitoitetaan sekä jäälauttojen, että kiinteän jään aiheuttamaa kuormitusta vastaan veden virtauksen aiheuttaman eroosion lisäksi. Tarkoitukseen sopivat suuret kivet ja louhe. Harjanverhouskivet voidaan sitoa teräshaoin. Mikäli edellä mainittuja materiaaleja ei ole saatavissa, voidaan harjaverhous tehdä betonista.

Padon eri rakenneosien väliin täytyy rakentaa suodattimet, mikäli osien rakeisuudet poikkeavat suodatinkriteereistä. Toisin sanoen suodattimen tai rakenneosien rakeisuuden tulee olla sellainen etteivät vierekkäisten kerrosten rakeet huuhtoudu toistensa sisään. Suodattimena käytetään suodatinkangasta tai maalajia, jolla on vaaditut suodatinominaisuudet.

Suodatinkriteerit ovat (TVH:n maanrakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeet, 1972):

- Kitkamaalajista rakennettu suodatin

$$4 \quad d_{15} < D_{15} < 4d_{85}$$

Lajittelemattomasta maalajista rakennettu suodatin

$$5 \quad d_{15} < D_{15} < 45d_{15}$$

$$5 \quad d_{50} < D_{50} < 45d_{50} ,$$

jossa d_{15} , d_{50} , d_{85} ovat suojattavan materiaalin raekoot kullakin läpäisevyysprosentilla, ja D_{15} , D_{50} ovat suodatinmateriaalin raekoot.

- Suodatinmateriaalin ja suojattavan materiaalin rakeisuuskäyrien on oltava likipitään samanmuotoisia.
- Jos suojattava materiaali sisältää runsaasti soraa tai sitä karkeampia maalajeja, on suodatin rakennettava suojattavan materiaalin rakeisuuskäyrän sen osan perusteella, jossa rakeisuus on pienempi kuin 25 mm.
- Suodatinmateriaali ei saa sisältää 5 % enempää hienoainesta ($< 0,074$ mm). Mahdollinen hienoaines ei saa olla koheesiomaalajia.
- Suodatinmateriaalin vedenläpäisevyyden on oltava noin 10 kertaa niin suuri kuin suojattavan materiaalin vedenläpäisevyys.
- Suodatinmateriaalissa ei saa olla 2...3 % enempää humusta.

Luonnonmateriaalista oikein tehty suodatin on aina varma. Suodatinkankaaseen ei vielä luoteta, koska pelätään, että se voi tukkeutua. Toisaalta suodatinkangasta kannattaa käyttää, jos muuta materiaalia ei ole helposti saatavissa tai pato joudutaan tekemään veteen.

Padon eri materiaalien valinta riippuu padolle asetetuista vaatimuksista. Yksinkertaisimmillaan pato on silloin, kun se tehdään paikalta saadusta, riittävän tiiveyden omaavasta materiaalista. Padon harjaan käytetään materiaalin suurimmat kivet, jotka erotetaan muusta materiaalista rakentamisen aikana. Luiskaverhoilu muodostuu ajan mukana veden pestessä luiskan pintaosasta hienoimmat ainekset pois.

Padon muotoiluun, kuten etu- ja takaluiskan kaltevuuteen, harjan leveyteen ja patolinjan muotoon vaikuttavat mm. virtaus- ja jääolosuhteet, käytettävät materiaalit ja niiden saatavuus sekä padon koko, ympäristö ja maisema. Etuluiskan kaltevuus on yleisimmin 1:2...1:3 ja takaluiskan 1:3...1:12. Harjan leveys voi vaihdella 1...10 m. Rakennettujen patojen harja on yleensä suora tai kaarevalinjainen. Jos käytetään luonnonmateriaalia, harja voi olla epämääräinenkin, jolloin se korostaa padon luonnottomuutta.

1.22 Betonirakenteinen pohjapato

Betonirakenteisessa padossa ei yleensä ole erikseen tiivistys-, tuki- ja verhoiluosaa, koska betoni on tiivis materiaali ja kestää hyvin veden ja jään aiheuttamaa kulutusta. Rakennepaksuus on suhteellisen pieni ja luiskat voivat olla jopa pystysuorat.

Betonin muotoilu on helppoa ja sen mittatarkkuus on hyvä. Betonirakenteeseen voidaan tehdä patoaukkoja, joilla voi säännöstellä juoksutettavia virtaamia. aukkojen sulkulaitteina käytetään settejä, neuvoja, tasoluukkuja, läppäluukkuja ja muovi- tai kumikangaspusseja.

Betonirakenteinen pohjapato on perustettava kantavalle maapohjalle tai kalliolle, sillä heikosti kantavalle maapohjalle perustettaessa saattaa aiheutua epätasaisia painumia, jotka voivat vahingoittaa betonirakenteita. Betonipatoa mitoittaessa tarkistetaan kaatumis- ja liukumisvarmuus.

1.23 Alivirtaama-aukot ja kulkutiet

Pohjapatoja rakennetaan usein jokiin, missä alivirtaamat ovat niin pienet, ettei veden jakautuminen riittävänä vesipaksuutena koko padon leveydelle ole mahdollista. Padon harjassa olevien pienten korkeuserojen takia osa patoa jää kuivaksi. Muualla vesi virtaa ohuena kerroksena joka maarakenteisissa pohjapadoissa häviää kivien rakoon. Talvella vesi voi jäätyä kiviin kiinni aiheuttaen hyydetulvan. Alivirtaamien aikaan myös kalankulku ja veneellä liikkuminen estyy.

En. haittojen pienentämiseksi alivirtaamat voidaan keskittää muotoillun aukon kautta. Suorakaiteen, kolmion ja parabelin muotoisia aukkoja on käytetty. Aukot on sijoitettu yleensä padon keskelle. Veneenveto- ja kalankulkureittejä on sijoitettu myös padon reunoihin.

Pato voi toimia myös kulkutienä joen poikki. Maarakenteista patoa pitkin voi alivirtaamien aikaan kulkea jalan tai traktorilla. Betonirakenteiseen patoon voi liittää helposti kevyen liikenteen sillan.

1.3 POHJAPADON VAURIOT

Maarakenteisia pohjapatoja voi vaurioittaa sisäinen tai ulkoinen eroosio sekä routa. Ulkoisella eroosiolla tarkoitetaan vedenvirtauksen tai jäiden aiheuttamaa verhoilun rikkoutumista. Jos kulumisen saa jatkua pitkään padon aremmissa osissa, saattaa pato murtua kokonaan. Pohjapadon supistamassa uomassa virtausnopeudet kasvavat paikallisesti. Virtaus on pyörteistä ja verhoiluun kohdistuu huomattavia paine-eroja.

Imatran Voima Oy:n suorittamien mallikokeiden tulokset luiskaverhoiluun tarvittavasta minimikivikoosta eri vedenkorkeuksilla on esitetty kuvassa 13. Samassa kuvassa on myös Isbach'n kaavan perusteella piirretyt käyrät.

Isbach'n kaava on

$$v = y \left(\frac{2g(s-w)}{w} \right)^{1/2} d_{50}^{1/2} (\cos \alpha)^{1/2} \quad (6)$$

v = veden nopeus m/s

y = vakio (1,20)

g = putoamiskiintyvyys ($9,81 \text{ m/s}^2$)

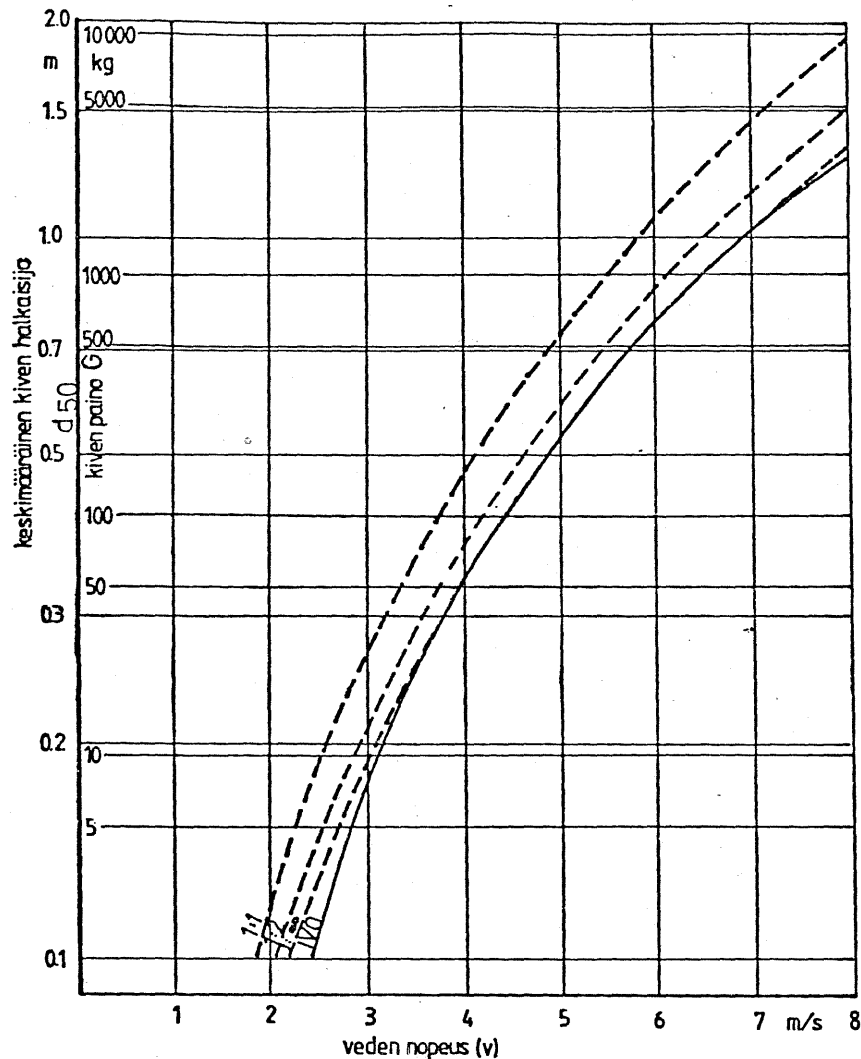
s = kiven ominaispaino ($2,70 \text{ kN/m}^3$)

w = veden tilavuuspaino ($1,00 \text{ kN/m}^3$)

d_{50} = keskimääräinen raekoko

α = padon alapuolisen luiskan kaltevuuskulma

Kuvan 13 pystyakselin d_{50} - ja G-asteikot ovat yhtenevät, kun oletetaan kivet palloiksi, joiden tilavuuspaino on $27,0 \text{ kN/m}^3$.



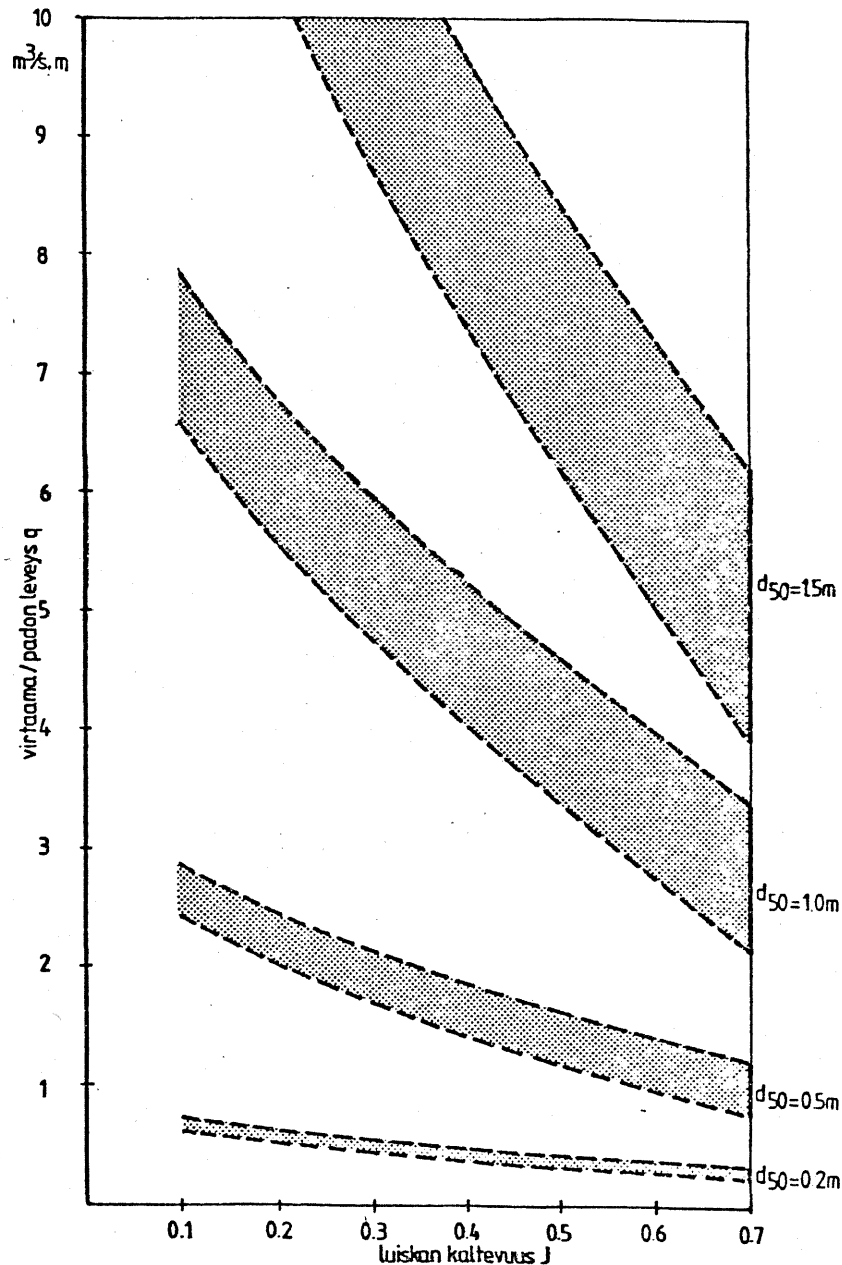
Kuva 13. Verhoilukiven keskimääräisen minimikivikoon määrittäminen Imatran Voima Oy:n mukaan (yhtenäinen viiva) ja Isbach'n mukaan (katkoviiva) eri luiskankaltevuuksille.

Knaussin (J. Knauss, 1979) esittämät yksinkertaistettujen mallikokeiden ja teoreettisten päätelmien tulokset ovat kuvassa 14. Ne poikkeavat edellisistä mm. siinä, että akseleina on luiskankaltevuus ja virtaama jaettuna padon leveydellä. Luiskankaltevuus on otettu muuttujaksi, koska sen vaikutus on Knaussin mukaan huomattavasti suurempi kuin Imatran Voima Oy:n ja Isbach'n tuloksissa.

Jään sysäys padon harjaan tai verhoilussa esiin työntyvään kiveen voi olla huomattavasti voimakkaampi kuin vain veden virtauksen aiheuttama voima. Yläpuolisen suvannon kiinteän jääpeitteen aiheuttama paine on yksi huomioitava seikka padon harjaa suunniteltaessa.

Sisäinen eroosio syntyy suotovirtausten keskittyessä tiettyyn paikkaan padossa. Suotovirtauksen keskittymistä tapahtuu mm. eri materiaalien rajakohdissa, padossa olevien halkeamien johdosta tai vedenläpäisevyydeltään erilaisten kerrosten johdosta.

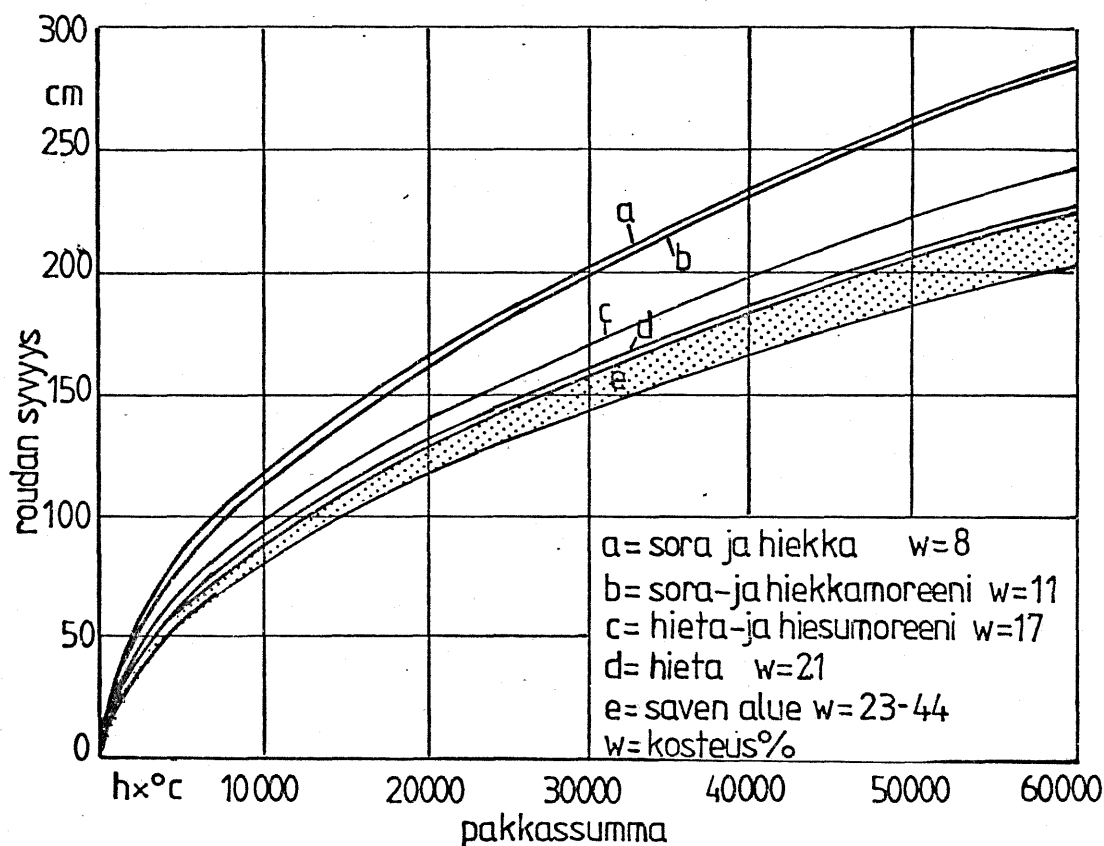
Progressiivinen sisäinen eroosio alkaa yleensä kohdasta, jossa padosta tulevan veden virtausnopeus on suuri tai maahiukkasia paikallaan pitävät voimat ovat pienimmillään. Maarakeiden huuhtoutuessa pois hydraulinen gradientti ja samalla virtausnopeus kasvavat. Tällöin eroosio etenee irroittaen lisää maa-ainesta aiheuttaen lopulta sortuman. Löyhään kerrokseen keskittynyt virtaus kuljettaa vähitellen hienon aineksen pois ja aiheuttaa patorakenteeseen lajittuneita kerroksia, joissa virtausnopeudet edelleen kasvavat.



Kuva 14. Verhoiluun tarvittavan minimikivikoon keskimääräisen halkaisijan määrittäminen Knaussin (J. Knauss, 1979) mukaan. Rasteroinnilla merkitty vaihteluväli johtuu kivien erilaisista latomistavoista (ns. tiukkuustekijä).

Yksi patojen vaurioittaja on routa. Routimisen edellytyksenä on routiva maalaji. Lisäksi maan lämpötila alittaa jäätymispisteen, maassa on vettä tai sitä voi kulkeutua sinne kapillaarisesti ja rakenteen paino on pienempi kuin routimispaine. Moreenitiivistepadoilla talvisten alivirtaamien aikaan osa padosta on vedenpinnan yläpuolella,

jolloin routa pääsee tunkeutumaan tiivistemoreeniin aiheuttaen routimisvaurioita. Roudan syvyys riippuen pakkasmäärästä on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Roudan syvyyden ja pakkasmäärän välinen riippuvuus lumettomissa olosuhteissa TVH:n tutkimusten mukaan.

Routimisvaurioiden syynä ovat maahan syntyvät yhtenäiset jääkerrokset ns. jäälinssit, jotka aiheuttavat maassa tilavuuden kasvua.

Maan sulaessa maassa oleva ylimääräinen vesi muuttaa maan rakenteellisia ominaisuuksia aiheuttaen ns. routimispehmenemisen. Kerrosten vedenläpäisevyys on kymmen- jopa satakertainen routimattomaan verrattuna, joten edellytykset padon sisäisen eroosion syntymiselle kasvavat huomattavasti. Myös harjan verhous saattaa jäädä routimisen jälkeen epätasaisesti koholle, jolloin syntyy vuoto verhousen ja tiivisteosan väliin.

1.4 PIENOISMALLIKOKEIDEN KÄYTTÖ POHJAPATOJEN SUUNNITTELUSSA

Pohjapatojen suunnittelussa on usein rakenteellisia ongelmia sekä padon purkautumiseen ja vedenvirtaukseen liittyviä kysymyksiä, joita on vaikea ratkaista teoreettisesti tai aikaisemman kokemuksen perusteella. Tämän vuoksi on monesti edullista rakentaa pienoismalli, jonka avulla pystytään selvittämään suunnitteluun oleellisesti vaikuttavia tekijöitä. Tässä selvitetään lyhyesti kolmea eri mallikoetta.

Tuominen (v. 1969) on diplomityössään mallikokeilla Seinäjoen Harjan-koskesta tarkastellut perkauksen yhteydessä rakennettavan pohjapadon vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja jäiden kulkuun padon yli. Samassa työssä on myös tutkittu mallikokeilla leveäharjaisen pohjapadon purkautumiskykyä.

Imatran Voima Oy on Kemijoen Ossauskosken vähävetisen uoman pienoismallilla tutkinut pohjapadon sijoitusta ja padon vaikutusta vedenkorkeuksiin. Valittujen sijoitusvaihtoehtojen jälkeen tutkittiin maarakenteisen pohjapadon malleilla erilaisia rakennevaihtoehtoja. Mallikokeissa käytettiin myös jäälauttoja verhoilun kestävyysden selville saamiseksi. Kokeessa selvisi mm. ettei kivikoon kasvattaminen poistanut jäiden aiheuttamaa eroosiota vaan suuremmat kivet siirtyvät alavirtaan päin aivan kuten pienemmätkin (Imatran Voima Oy, Mallikoe-raportti, 1980).

Juvaksen (Juvas, 1980) tekemä mallikoe Kalajoesta Ylivieskan keskustan kohdalta selvittää pohjapadon vaikutuksia koskipaikan virtaus-suhteisiin ja vedenkorkeuksiin. Kokeilla pyrittiin myös selvittämään jokiosan virtauksen talviaikainen käyttäytyminen.

Pienoismallit rakennetaan Frouden mallilakien mukaan, sillä painovoima on tavallisin virtaukseen vaikuttava tekijä. Yleensä uomamallien mittakaava vaihtelee 1:50...1:100 ja rakennemalleissa vaihteluväli on 1:10...50 (Ril, Vesirakennus, 1973).

2. SUORITETTU POHJAPATOJEN INVENTOINTI JA SEN TULOKSET

2.1 YLEISTÄ

Kesällä 1981 suoritettiin pohjapatojen ja niiden vaikutusten inventointi. Inventointia varten laadittiin kyselylomake (liite 1), joka lähetettiin vesipiireille ja voimayhtiöille, joiden tiedettiin rakentaneen pohjapatoja ja saaneen kokemuksia niistä. Lomake muotoitui kaksiosaiseksi, laajaksi kysymyssarjaksi. Ensimmäisessä osassa kysyttiin patokohtaisia tietoja, joista tärkeimpiä olivat padon tarkoitus, rakentamiseen vaikuttaneet syyt ja padon rakenne. Toisessa osassa kysyttiin padon ja sen muodostaman suvannon vaikutuksia uoman geoteknisiin ominaisuuksiin, jääloloihin sekä vesien eri käyttömuotoihin.

Inventoinnin tuloksena saatiin tietoja 106 pohjapadosta. Nämä edustavat pääosaa 1960-luvulla ja sen jälkeen rakennetuista pohjapadoista.

Vastauksia käsiteltäessä osoittautui, että ensimmäiseen osaan oli kyetty vastaamaan kohtuullisesti. Toinen osa osoitti, ettei pohjapatojen vaikutuksia oltu seurattu. Tältä osin saadut vastaukset olivat pinta-puolisen tarkastelun tuloksia. Näistä syistä johtuen tämän osan tulokset on jouduttu esittämään pääasiassa sanallisesti. Taulukointi ei ollut mielekästä muutamaa poikkeusta lukuunottamatta.

Padot jaettiin neljään ryhmään niiden rakennuspaikan perusteella:

- Jokipadot
- Vähävetisten luonnonuomien pohjapadot
eli ne pohjapadot, jotka on rakennettu täyttökanavan ja tyhjennystunnelin väliselle jokiosuudelle (jokiosuus, jonka kautta virtaa vain osa joen vedestä)
- Kaivettujen uomien pohjapadot
- Järvien luusuoihin ja järviin rakennetut pohjapadot.

Vastausten tulostus on jaettu kolmeen osaan. Ensimmäisessä käsitellään niitä tietoja, jotka ovat kyselylomakkeen ensimmäisessä osassa. Toisessa osassa käsitellään syitä ja saavutettuja tuloksia. Kolmannessa osassa

ovat vastauksissa mainitut muut vaikutukset. Tämä käsittelee niitä patojen rakentamisesta aiheutuneita vaikutuksia, jotka eivät olleet perusteena patojen rakentamiselle. Järvien luusuihin ja järviin tehtyjen pohjapatojen ryhmän kohdalla tulostuksen tekeminen ei ollut mahdollista.

Tietojen hankinta kyselylomakkeella ei onnistunut erityisen hyvin, vaan tulosten anti oli vähäinen varsinkin muiden vaikutusten osalta. Rakentajilla ja suunnittelijoilla ei näytä olevan mainittavasti tietoa pohjapatojen vaikutuksista. Pohjapatojen seuranta on jäänyt korkeintaan rakenteen kunnossapysymisen ja haluttujen tavoitteiden saavuttamisen ylimalkaiseen tarkkailuun.

Kyselylomakkeilla saatuja tietoja täydennettiin kesällä 1981 tehdyillä maastotarkasteluilla. Useissa kohdissa havainnointia häiritsivät suuret virtaamat.

2.2 JOKIPADOT

2.21 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista

Taulukko 2. Yleistiedot jokipadoista inventoinnin perusteella

Vesi- piiri	Joki	Keski- virtaama m ³ /s	Patojen luku- määrä		Sulkulaite	Pohja- patoja vaurioi- tunut kpl	Raken- tamis- vuosi
			Määrä	Betoni- kent. rakent.			
Hev	Hirvihaaranjoki	8,0	6			1	1977-79
Tuv	Savijoki			2	muovikangas	2	1977
Tuv	Maskujoki	0,4		2	setit		1976
Tuv	Kullaanjoki	3,0	1	1	tasoluukku		1979-80
Tuv	Joutsjoki		1	1	tasoluukku		1980
Ksv	Pengerjoki	3,6	2				1980
Ksv	Kortejoki	2,8		1	tasoluukut		1979-80
Ksv	Matkusjoki	2,1	1				1980
Ksv	Lapinjoki	0,8		1	tasoluukut		1979
Vav	Kauhavanjoki	1,2 - 1,8	4			3	1976-78
Vav	Närpiönjoki	4,5 - 6,0	3	1		3	1978
Vav	Seinäjoki	7,1	2			2	1967-68
Vav	Seinäjoki	4,3		1	automaatt. tasoluukut	1	1976
Kov	Malisjoki	3,5	5				1980-81
Kov	Pyhäjoki	6,5	1			1	1977
Kov	Vääräjoki			1	"rosvo- kanava"		1976
Lav	Tornionjokisuu		3			2	1956
Yhteensä			28	11			

Taulukosta 2 ilmenee, että jokipatoja on 39 kpl. joista 34 kpl on rakennettu vuosina 1976...81. Pääosa niistä on vesihallituksen rakentamia. Padot on tehty jokiin, joiden keskivirtaama on alle 10 m³/s. Rakennettujen suvantojen pituudet vaihtelevat 200 m...10 km.

Maarakenteisia pohjapatoja on 28 kpl, joista 15 kpl on vaurioitunut. Vaurioitumisen syynä on saatujen vastausten mukaan ulkoinen eroosio. Alivirtaama on 15 padolla keskitetty joko alivirtaama-aukon avulla tai kaarevalla padon muotoilulla.

Betonirakenteisia patoja on 11 kpl, joista yhdeksässä on säädettäviä aukkoja. Säättöaukkojen sulkulaitteina on viidellä padolla tasoluukut, joista yhden padon luukku on automatisoitu, muut ovat käsikäyttöisiä. Kaksi patoa on varustettu seteillä ja kaksi muuta vedellä täytettävillä muovikankaisilla pusseilla. Säättölaitteet toimivat hyvin, lukuunottamatta jäätyminen aiheuttamia vaikeuksia. Muovikankaisia pusseja ei talvella voi käyttää. Muovikangas on haurastunut viiden vuoden aikana. Syynä on ollut veden virtauksen aiheuttama jatkuva kankaan edestakainen taipuminen.

2.22 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset

Taulukkoon 3 koottujen tietojen mukaan rantasortumia on pyritty estämään kahdessa eri kohteessa. Hirvihaaranjoessa patojen aiheuttama vedennosto on parantanut joen rantojen geoteknistä vakavuutta, vaikka sortumia on tapahtunut vielä patoamisen jälkeenkin. Malisjoella rantasortumien mahdollisuus estetään, mikäli niitä olisi aiheutunut joen perkauksen yhteydessä tapahtuneen vedenlaskun takia. Luiskien varmuuskertoimia ei ole vastauksissa esitetty.

Taulukko 3. Jokipatojen rakentamisen syyt

- 1 tärkein syy
- 2 toiseksi tärkein syy
- 3 kolmanneksi tärkein syy

Vesi- piiri	Joki	Pohja- patojen lukumäärä	Vesi- huolto	Virkistys- käyttö	Vesi- maisema	Muut syyt ja niiden tärkeys
Hev	Hirvihaaranjoki	6			2	Geotekniikka (1)
Ksv	Pengerjoki	2		1	2	
Ksv	Kortejoki	1	2	1	3	
Ksv	Matkusjoki	1		2	1	
Ksv	Lapinjoki	1		1	2	Voimatalous (3)
Tuv	Savijoki	2	1		2	
Tuv	Maskunjoki	2	1			
Tuv	Kullaan- ja Joutsjoki	3	2	1	3	
Vav	Kauhavanjoki	4		2	1	
Vav	Närpiönjoki	4	3	2	1	
Vav	Seinäjäjoki	1	3		2	Voimatalous (1)
Vav	Seinäjäjoki	2	1	3	2	
Kov	Malisjoki	5		1	2	Geotekniikka (3)
Kov	Pyhäjoki	1				Suppojaan esto (1) Voimatalous (2)
Kov	Vääräjoki	1				Tulvauoman käyttö (1)
Lav	Tornionjokisuu	3			1	

Pyhäjoen padolla on estetty suppon muodostumista alentamalla veden nopeutta. Suppoa ei ole 1977...79 talvina esiintynyt. Hyyde tarttui padon takaluiskaan muodostaen pohjajäättä, joka johti padon osittaiseen

murtumiseen talvella 1980. Tämän jälkeen patoon rakennettiin alivirtaama-aukko, eikä haitallista hyytymistä ole enää esiintynyt.

Seinäjoessa olevan Kärjenkosken padon rakentamisen pääsyynä on ollut voimalaitoksen alaveden pitäminen vakiona. Vääräjoen ns. "rosvokanavan pato" on tehty tulvauoman suuhun. Joki virtaa normaaleilla vedenkorkeuksilla omassa uomassaan. Vedenkorkeuden noustessa vesi pääsee ko. padon yli myös tulvauomaan.

Raakaveden ottoa on patoamalla pyritty parantamaan 12 pohjapadolla. Taulukkoon 4 on koottu näistä pohjapadoista vastaukset. Vedenotto tapahtuu peltojen kasteluvedeksi. Poikkeuksena on Seinäjoen Kärjenkosken patoallas, josta Valtion polttoainekeskus ottaa teollisuuden raakavettä.

Taulukko 4. Pohjapatojen vaikutus vedenottoon yläpuolisesta jokisuvannosta.

Vesi- piiri	Joki	Pato	Vesimäärä ³ m ³ /d	Patoamisen vaikutus vedenottoon	
				Ei vaikutusta	Positiivinen vaikutus
Vav	Seinäjoki	Kärjenkoski	700		X
Vav	Närpiönjoki	Allmäningsfors	500	X	
		Byfors	100	X	
		Gropfors	100	X	
		Nixfors	50 - 100	X	
Tuv	Maskunjoki	Pato I	150		X
		Pato II	150		X
Tuv	Savijoki	Pato I			X
		Pato II			X
Tuv	Joutsjoki	Äijö		X	
		Sippola			X
Tuv	Kullaanjoki	Leineperi			X

Kaksi Seinäjoen pohjapatoa on tehty, jotta pohjavedenpinta ei alenisi ja kaivot kuivuisi. Lapinjoen padon rakentamisen kolmas syy on ollut vedenlaatu, mutta mitään vaikutuksia tai perusteluja ei ole esitetty.

Virkistyskäyttöön tehtyjen patojen arvioidut vaikutukset on esitetty taulukossa 5. Padotus on selvästi lisännyt uintimahdollisuuksia. Padotuksen merkitys muille virkistyskäyttömuodoille on vähäinen, mutta yhdessäkään kohteessa ei vastausten mukaan ole tapahtunut negatiivista kehitystä.

Maiseman kunnostus on ollut tavoitteena 35 padon rakentamisessa. Joen perkauksen yhteydessä 25 patoa on tehty, jotta uomaan syntyisi kaunis vesimaisema. Vastausten mukaan tässä on onnistuttu. Ennen joen perkausta vesi on ollut alhaalla ja uoma on ollut huonokuntoinen. Viisi patoa on vanhan myllypadon korjauksia ja vanhan kulttuurimaiseman entisöintejä.

Taulukko 5. Padonrakentamisen vaikutus virkistyskäyttömuotoihin jokipadoilla, joiden rakentamisen syy on ollut virkistyskäyttömahdollisuuksien paraneminen.

- 1 huomattavasti edistävä
- 2 vähän edistävä
- 3 ei vaikutusta
- 4 vähän haittaava
- 5 erittäin haitallinen

Vesi- piiri	Joki	Patojen lukumäärä	Uinti	Veneily ja me- lonta	Kalastus	Retkeily	Loma- asutus
Kov	Malisjoki	5	3	1	2	2	3
Vav	Kauhavanjoki	4	2	2	2	3	2
Vav	Närpiönjoki	4	3	3	3	3	2
Vav	Seinäjoki	2	1	3	3	2	1
Tuv	Jouts- ja Kullaanjoki	3	1	3	3	3	3
Ksv	Pengerjoki	2	1	3	3	3	2
Ksv	Kortejoki	1	2	1	3	3	3
Ksv	Matkusjoki	1	2	3	3	3	3
Ksv	Lapinjoki x)	1	3	3	3	3	3
Yhteensä		23	18	22	25	25	22

x) Pato tehty perkauksen yhteydessä ja pyrkii säilyttämään ennen perkausta olleet virkistyskäyttömahdollisuudet.

Kaikissa tapauksissa vesimaiseman muutosta on pidetty positiivisena. Joessa vedenpinnan nosto tuo esiin jokimaiseman ja luo vaihtelevuutta ympäristölle.

2.23 Muut vaikutukset

Padotus on vähentänyt Pengerjoella rantasortumia. Lapinjoella on estetty alhaiset vedenkorkeudet, jotka perkaus olisi aiheuttanut. Rantasortumia ei ole syntynyt. Luiskan varmuuskertomia ei ole vastauksissa esitetty. Matkusjoen pato vähensi suponmuodostusta. Malisjoen, Pyhänjoen ja Kauhavanjoen suvarnoista otetaan vettä karjatalousvedeksi vähäisiä määriä. Pengerjoen suvarnosta vedenotto karjatalouteen ja kasteluun on n. 5...10 m³/s. Padotuksen vaikutus vedenottoon on ollut positiivinen, sillä vettä saa myös kuivana aikana.

Virkistyskäyttömahdollisuuksien muutoksista kootun taulukon 6 perusteella kolmessa kohteessa ei padoilla ole ollut mitään vaikutuksia. Muissa kohteissa virkistyskäyttömahdollisuudet ovat parantuneet uinnin, veneilyn ja loma-asutuksen osalta. Hirvihaaranjoen ja Seinäjoen padot ovat vastausten mukaan parantaneet virkistyskäyttömahdollisuuksia jopa enemmän kuin varsinaiset virkistyskäyttösysteistä rakennetut padot.

Maiseman muutos on ollut vastausten mukaan samanlainen kuin niissä padoissa, joiden rakentamisen lähtökohtana oli vesimaiseman parantaminen.

Taulukko 6. Padonrakentamisen vaikutus virkistyskäyttöön jokipadoilla, joiden rakentamisen syy on ollut muu kuin virkistyskäytön parantaminen.

- 1 huomattavasti edistävä
- 2 vähän edistävä
- 3 ei vaikutusta
- 4 vähän haittaava
- 5 erittäin haitallinen

Vesi- piiri	Joki	Patojen lukumäärä	Uinti	Veneily ja me- lonta	Kalastus	Retkeily	Loma- asutus
Hev	Hirvihaaranjoki	6	1	1	3	3	1
Kov	Pyhäjoki	1	2	2	3	2	3
Vav	Seinäjoki	1	1	1	2	3	2
Kov	Vääräjoki	1	3	3	3	3	3
Tuv	Savijoki	2	3	3	3	3	3
Tuv	Maskunjoki	2	3	3	3	3	3
Lav	Tornionjokisuu	3	2	2	3	2	3
Yhteensä		16	15	15	20	20	17

Seitsemällä padolla on kulkumahdollisuus joen poikki patoa pitkin. Vastausten mukaan näistä neljällä on vähäinen merkitys, muutoin merkitys on mitätön. Uittoon ei ole vaikutettu, sillä yleensä näitä jokia ei ole käytetty uittamiseen kymmeniin vuosiin. Siellä missä vielä uitetaan on uittomahdollisuus järjestetty.

Taulukko 7. Jokipatojen kalankulkumahdollisuudet ja niiden järjestely.

Joki	Pohjapatojen lukumäärä	Onko kalankulku mahdollinen	Kalankulun järjestely
Kauhavanjoki	4	on	loiva takaluiska
Närpiönjoki	3	on	alivirtaamakouru
Närpiönjoki	1	ei	
Seinäjoki	2	ei	
Seinäjoki	1	-	
Savijoki	2	-	
Maskunjoki	2	-	
Joutsjoki	2	on	ylisyöksyn avulla
Kullaanjoki	1	ei	
Malisjoki	5	on	loiva takaluiska ja
Pyhäjoki	1	on	alivirtaama-aukko
Vääräjoki	1	ei	ei tarpeen
Pengerjoki	2	on	loiva takaluiska
Kortejoki	1	on	alivirtaama-aukko
Matkusjoki	1	-	
Lapinjoki	1	-	
Tornionjokisuu	3	on	loiva takaluiska

Kalankulkua koskevien kysymysten vastaukset on esitetty taulukossa 7. Vastauksissa kalankulku katsotaan järjestetyksi padon loivaa takaluiskaa tai alivirtaamakourua pitkin. Havaintoja kalojen kulusta pohjapatojen yli ei ole kuitenkaan tehty.

2.3 VÄHÄVETISTEN UOMIEN POHJAPADOT

2.31 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista

Inventointi käsitti kaikkiaan 43 vähävetiseen uomaan rakennettua pohjapatoa (taulukko 8). Nämä padot ovat iältään nuoria, lukuunottamatta Jalonhaaran patoja, jotka on rakennettu vuonna 1960. Vähävetisten jokiosien virtaamat ovat tavallisesti alle 1 m³/s. Poikkeuksena ovat tulva- ja huuhtelujuoksutukset. Näitä juoksutuksia ei ole tehty Seinäjoen Kalajärven padoilla eikä Jalonhaarassa. Useimmiten padot on rakennettu sarjaan. Muodostuneet suvannot ovat yleensä lyhyitä, sillä jokiosuudet ovat jyrkkäputouksisia.

Taulukko 8. Yleistiedot vähävetisten luonnonuomien pohjapadoista inventoinnin perusteella.

Vesi- piiri	Joki	Suori- tettu tulva- juoksutus m ³ /s	Pohjapatojen lukumäärä		Sulku- laite	Vauriot	Raken- tamis- vuosi
			Maa- rakent.	Betoni- rakent.			
Vav	Nurmojoki	10	14	2	1 setit	14 on	1976-78
Vav	Seinäjoki	ei	4			ei	1976
Vav	Seinäjoki	20	5	4	1 setit	5 on	1980-81
Kov	Kalajanjoki	~5	1			on	1975
Ouv	Iijoki	900	6	1		6 on	1971
Kav	Jalonhaara	ei	5		2 putki	ei	1960
Lav	Kemijoki	2400		1		on	1979-80
Yhteensä			35	8			

Maarakenteisia patoja on 35 kpl, joista 26 kpl on vaurioitunut tulva-juoksutusten takia. Ne, joissa on moreenirakenteinen tiivisteosa, ovat osin vaurioituneet myös routimisen takia. Routiminen on johtunut siitä, että vettä ei ole talvella riittänyt kattamaan koko padon harjaa.

Betonirakenteisia patoja on 8 kpl, joista kaksi on säädettäviä. Säättöaukkojen sulkulaitteina ovat molemmissa setit. Ylin Nurmonjoen pohjapato on mittapato.

2.32 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset

Kaikissa tapauksissa padot on rakennettu maisemallisista syistä (taulukko 9). Maiseman muutoksesta saadut kuvaukset ovat samanlaisia. Ennen padon rakentamista vesi virtasi kivien välissä vähäisenä

norona. Padon rakentaminen muutti joen padon yläpuolella suvannoksi. Maiseman kunnostustarve on ollut merkittävä.

Taulukko 9. Pohjapatojen rakentamisen syyt vähävetisiin luonnon-uomiin.

- 1 tärkein syy
- 2 toiseksi tärkein syy
- 3 kolmanneksi tärkein syy

Vesi- piiri	Joki	Pohja- patojen lukumäärä	Vesihuolto	Virkistys- käyttö	Maisemal- liset syyt
Vav	Nurmonjoki	16	3	1	2
Vav	Seinäjoki (Kalajärvi)	4	1	2	3
Vav	Seinäjoki (Kyrkösjärvi)	9	3	2	1
Kov	Kalajanjoki	1	3	2	1
Kav	Jalonhaara	5			1
Ouv	Iijoki	7		2	1
Lav	Kemijoki	1		2	1

Virkistyskäyttömahdollisuuksien parantaminen on myös ollut yhtä poikkeusta lukuunottamatta kaikissa tavoitteena. Vastaukset saavutetuista tuloksista ovat taulukossa 10.

Taulukko 10. Padon rakentamisen vaikutus virkistyskäyttömuotoihin vähävetisissä luonnonuomissa.

- 1 huomattavasti edistävä
- 2 vähän edistävä
- 3 ei vaikutusta
- 4 vähän haittaava
- 5 erittäin haitallinen

Vesi- piiri	Joki	Patojen lukumäärä	Uinti	Veneily ja me- lonta	Kalastus	Retkeily	Loma- asutus
Vav	Nurmojoki		2	3	3	3	3
Lav	Kemijoki		1	2	2	3	1
Vav	Seinäjoki (Kalajärvi)		2	3	3	3	3
Kov	Kalajanjoki		3	3	3	3	3
Yhteensä			8	11	11	12	10

Pohjanmaalla patojen muodostamista suvannoista on vedenotto vähäistä. Yksityistaloudet ottavat vettä patoaltaista karjatalous- ja kasteluvedeksi kesäisin.

2.33 Muut vaikutukset

Patoamisen vaikutuksia vedenlaatuun ja kalankulkuun Nurmonjoella on tutkittu tämän selvityksen puitteissa. Niitä käsitellään kohdassa 3.

Kulku jalan joen poikki patoa pitkin on useimmilla padoilla helppoa, mutta sen merkitys on vähäinen. Jalonhaaran kahdella ylimmällä padolla kulkee tie, ja vesi kulkee padon läpi putkien kautta.

Uitto on järjestetty tarvittaessa voimalaitoksen kautta tai uittoränniä pitkin.

2.4 KAIVETTUIJEN UOMIEN POHJAPADOT

2.41 Tiedot inventoinnissa olleista pohjapadoista

Inventoituja pohjapatoja on 14 kpl jotka kaikki ovat iältään alle 15 vuotiaita (taulukko 11). Ylivirtaamat uomassa ovat alle 40 m³/s yhtä poikkeusta lukuunottamatta. Padot on rakennettu uoman rakentamisen yhteydessä.

Maarakenteisia pohjapatoja on 7 kpl, joista Uljuan täyttökanavan ylin pato on vaurioitunut. Syinä olivat veden virtaus ja liikkuvien jäiden aiheuttamat sysäykset.

Betonirakenteisia pohjapatoja on myös 7 kpl. Uljuan täyttökanavan yksi pohjapato on säädettävä. Säättöaukon sulkulaitteena ovat neulat. Säättömahdollisuutta ei ole käytetty. Kivi- ja Levalammen täyttökanavassa yksi padoista on mittapato.

Taulukko 11. Yleistiedot kaivettujen uomien pohjapadoista.

Vesi- piiri	Uoma	Pohja- patojen luku- määrä kpl	Raken- tamis- vuosi	Ylivir- taama HQ m ³ /s	Maa- raken- teinen	Betoni- raken- teinen
Vav	Kihniänjoen kääntö- uoma	1	1977	17,5	1	
Vav	Kivi- ja Levalammen täyttökanava	4	1975		2	2
Kov	Kuonan täyttökanava	4	1975	21,0		4
Ouv	Uljuan täyttökanava	3	1969	243,0	2	1
Ouv	Naamajoen oikaisu- uoma	2	1976- 78	34,0	2	
Yhteensä		14			7	7

2.42 Rakentamisen syyt ja saavutetut tulokset

Taulukosta 12 ilmenee, että padotusta on käytetty kahdessa tapauksessa luiskien vakavuuden parantamiseen. Luiskavakavuuden varmuuslukuja ei vastauksissa ole esitetty. Vakavuus on parantunut Kuonan täyttökanavassa vähän. Naamajoen oikaisu-uomalla parannus on ollut huomattava.

Eroosion esto on ollut viidessä kohteessa ensi- tai toissijainen syy. Virtausnopeuksia ei ole vastauksissa esitetty. Uomassa patojen yläpuolella ei eroosiota ole ollut, mutta padon muodostaman nopean virtauksen alue padon takana on aiheuttanut eroosiosyöpyymiä. Esimerkkinä on Kuonan täyttökanavan pato, jossa vesi on kuluttanut pohjapadon alapuolella rantaluiskan juuren, jonka jälkeen rantaluiska on sortunut alas.

Suppojään muodostumista on pyritty pohjapatojen avulla estämään Kuonan täyttökanavassa ja siinä on onnistuttu.

Taulukko 12. Pohjapatojen rakentamisen syyt kaivettuihin uomiin.

- 1 tärkein syy
- 2 toiseksi tärkein syy
- 3 kolmanneksi tärkein syy

Vesi- piiri	Uoma	Pohja- patojen luku- määrä kpl	Geotekniset syyt	Eroosion esto	Suppojään esto	Maisemalliset syyt	Alivirtaaman sääto
Vav	Kihniönjoen kääntöuoma	1				2	1
Vav	Kivi- ja Levalammen täyttökanava	4		2		1	
Kov	Kuonan täyttökanava	4	1	2	3		
Ouv	Uljuan altaan täyttö- kanava	1 2		2 1		3 2	1
Ouv	Naamajoen oikaisu-uoma	1 1	2	1			1

Kahdeksalla padolla on pyritty saamaan vedenkorkeus riittäväksi uomassa myös alivirtaamien aikaan. Alimpien patojen tarkoitus on myös estää alapuolisen vesistön vedenkorkeuden vaihtelun eteneminen uomassa.

Kolmella pohjapadolla, jotka on tehty kaivetun uoman suuhun, taataan riittävä vesivarasto säädetyn minimivirtaaman ylläpitämiseksi järjestyksessä luonnonuomaan.

2.43 Muut vaikutukset

Karjatalous- ja kasteluvettä otetaan vähäisessä määrin Kihniönjoen ja Uljuan ylimmän padon muodostamasta altaasta.

Naamajoen oikaisu-uoman ylimmän padon yli on mahdollista päästä traktorilla. Sen merkitys kulkuyhteytenä on kuitenkin vähäinen.

2.5 JÄRVIEN LUUSUOIHIIN JA JÄRVIIN TEHDYT PADOT

Tämän kyselyn puitteissa kartoitettiin järvien luusuihin rakennettuja kiinteitä pohjapatoja. Inventoinnin ulkopuolelle on jätetty näissä paikoissa sijaitsevat erilaiset säädettävät padot. Vastauksia saatiin kymmenestä pohjapadosta. Lomakkeen toinen osa, jolla kysyttiin

padotuksen vaikutuksia, ei soveltunut patojen aiheuttamien vaikutusten selvittämiseen, koska se oli jäänyt miltei jokaisessa vastauksessa täyttämättä.

Patojen rakentamisen syyt olivat seuraavat:

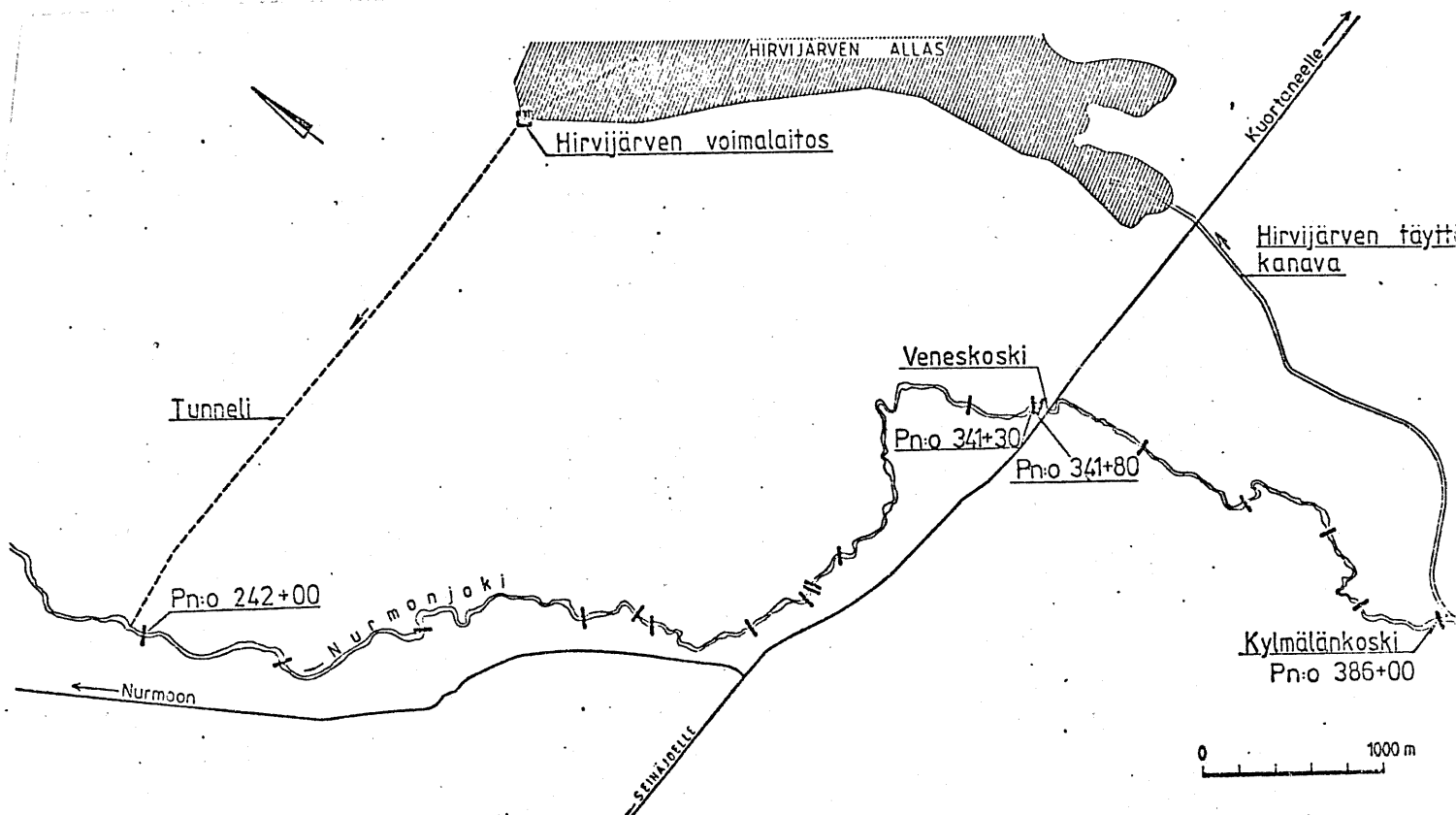
- Pohjapadon ja penkereen avulla nostetaan vedenkorkeutta järvessä kunnostustoimenpiteenä.
- Pohjapadon ja penkereen avulla nostetaan aiemmin lasketun järven vedenkorkeutta, tai tehdään uusi järvi.
- Rakentamalla pohjapato eroosion kuluttamaan luusuaan estetään järven vedenpinnan aleneminen.

3. SUORITETUT KENTTÄTUTKIMUKSET

3.1 VEDEN LAATU

3.11 Nurmonjoki

Hirvijärven tekojärven valmistuttua vuonna 1973 pääosa Nurmonjoen ($F=650 \text{ km}^2$) vedestä johdetaan tekojärven kautta (kuva 16). Vähävetiseen uomaan johdetaan vesioikeuden päätöksen mukaan talvella vähintään 30 l/s ja kesällä vähintään 100 l/s. Vähävetisen uoman kautta on suoritettu joitakin huuhtelujuoksutuksia, jolloin virtaama on ollut suurimmillaan $5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Kuva 16. Nurmonjoki Hirvijärven voimalaitoksen kohdalla.

Jokivarsi on lähinnä maatalousasutuksen ympäröimää. Vuonna 1973 jokivarteen rakennettiin vesijohto.

Lähinnä vesimaiseman parantamiseksi vähävetiseen uomaan rakennettiin kaikkiaan 16 pohjapatoa vuosina 1977...78. Rakennetut pohjapadot korottivat yläpuolisen suvannon vesipintaa suurimmillaan 1 metrin, mutta yleensä 0,1...0,8 m.

Pohjapatojen rakentamisen jälkeen on tehty vähäisiä kunnostustöitä, lähinnä penkereiden takaluiskien korjausta.

Vedenlaatuhavaintoja on käytettävissä Veneskosken ja Kylmälänkosken 4,4 km väliseltä osuudelta vuodesta 1973 alkaen. Mainitulla joki-osuudella on 4 pohjapatoa. Yhteenvedo ja tilastollinen tarkastelu tehdyistä vedenlaatuhavainnoista on esitetty taulukossa 13.

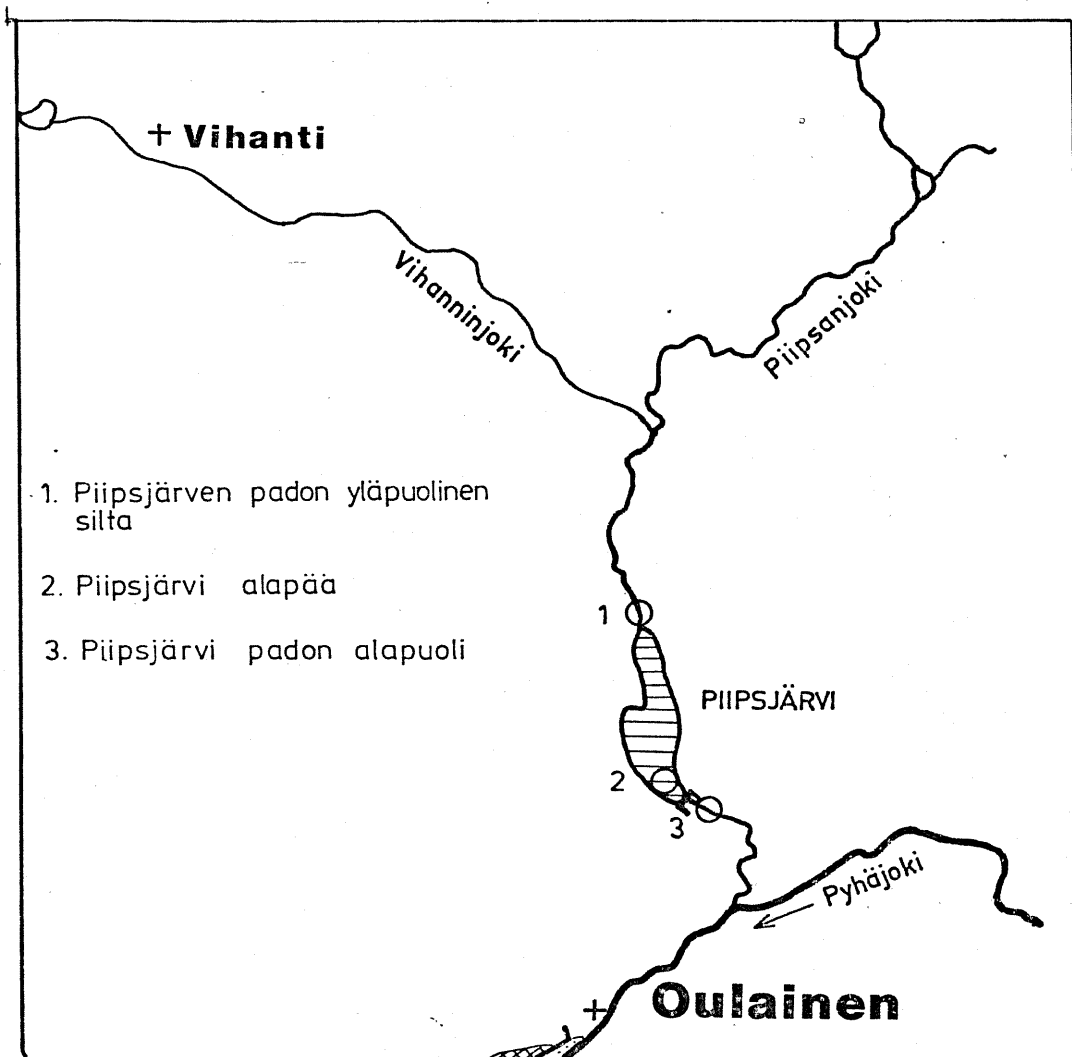
Käytettävissä olevan havaintoaineisto on mukaan veden fosforipitoisuus kasvaa jokiosalla alaspäin mentäessä. Lisäksi veden fosforipitoisuus kasvaa ajan funktiona. Kiintoainepitoisuudesta voidaan tehdä päinvastaiset johtopäätökset. Veden pH-arvoon pohjapatojen rakentamisella ja veden viipymän vähäisellä kasvulla ei ainakaan tässä tapauksessa näytä olevan mainittavaa merkitystä.

Taulukko 13. Veden laadun muutokset Nurmonjoella Hirvijärven tekojärven käyttöönnoton johdosta. Kullakin rivillä ylemmät numerot ovat vuosijaksolta 1973...77 ja alemmat vuosijaksolta 1978...81.

Veden laatu-parametri	Vesi-näytteiden lukumäärä	Keskiarvot		Hajonnat		Tilastolliset merkitsevyydet			Korrelaatiokertoimien eron tilastollinen merkitsevyys
		Kylmälän-	Veneskoski	Kylmälän-	Veneskoski	Korrelaatio-kertoimen K-V:n välillä	Korrelaatio-kertoimen merkitsevyys	Korrelaatio-kertoimen vertailutesti	
Hapen kylläisyys %	22	80,10	83,20	39,40	43,30	0,670	xxx	2,142	x
	33	80,10	73,50	62,30	79,80	0,321	0		
Sameus FTU	24	5,68	5,35	18,00	9,77	0,798	xxx	6,719	xxx
	33	3,65	5,35	1,40	3,79	0,131	0		
Kiintoaine mg/l	24	10,70	9,89	59,70	40,90	0,746	xxx	0,162	0
	33	8,13	6,70	24,50	8,51	0,730	xxx		
Sähkönjohtavuus Y ₂₅ mS/m	24	6,61	7,66	1,11	2,31	0,144	0	3,017	xx
	33	6,45	8,03	2,81	1,83	0,663	xxx		
pH	24	5,80	5,91	0,139	0,145	0,807	xxx	0,396	0
	33	6,02	6,12	0,136	0,0753	0,775	xxx		
Väri mgPt/l	24	2,38	218,00	6890	4170	0,956	xxx	4,084	xxx
	33	2,63	271,00	4080	3380	0,767	xxx		
Kemiallinen hapen kulutus COD mg/l O ₂	24	28,50	27,00	93,30	111	0,938	xxx	3,467	xxx
	33	32,00	30,60	56,50	48,40	0,749	xxx		
Kokonaistyyppi 10 µg/l	24	108,00	109,00	1920	1810	0,863	xxx	5,438	xxx
	33	99,50	101,00	888	443	0,127	0		
Kokonaisfosfori µg/l	24	65,30	68,30	544	793	0,819	xxx	1,568	0
	33	73,50	86,90	416	329	0,672	xxx		
Rauta 100 µg/l	24	29,00	27,50	153	117	0,953	xxx	4,060	xxx
	33	27,90	35,70	47,20	65,30	0,755	xxx		

3.12 Piipsjärvi

Piipsjärvi on 1910-luvulla kuivattu järvi, joka päätettiin vesittää 1970-luvun alussa. Veden nostoon tarvittava pohjapato valmistui syksyllä 1978 (kuva 17).

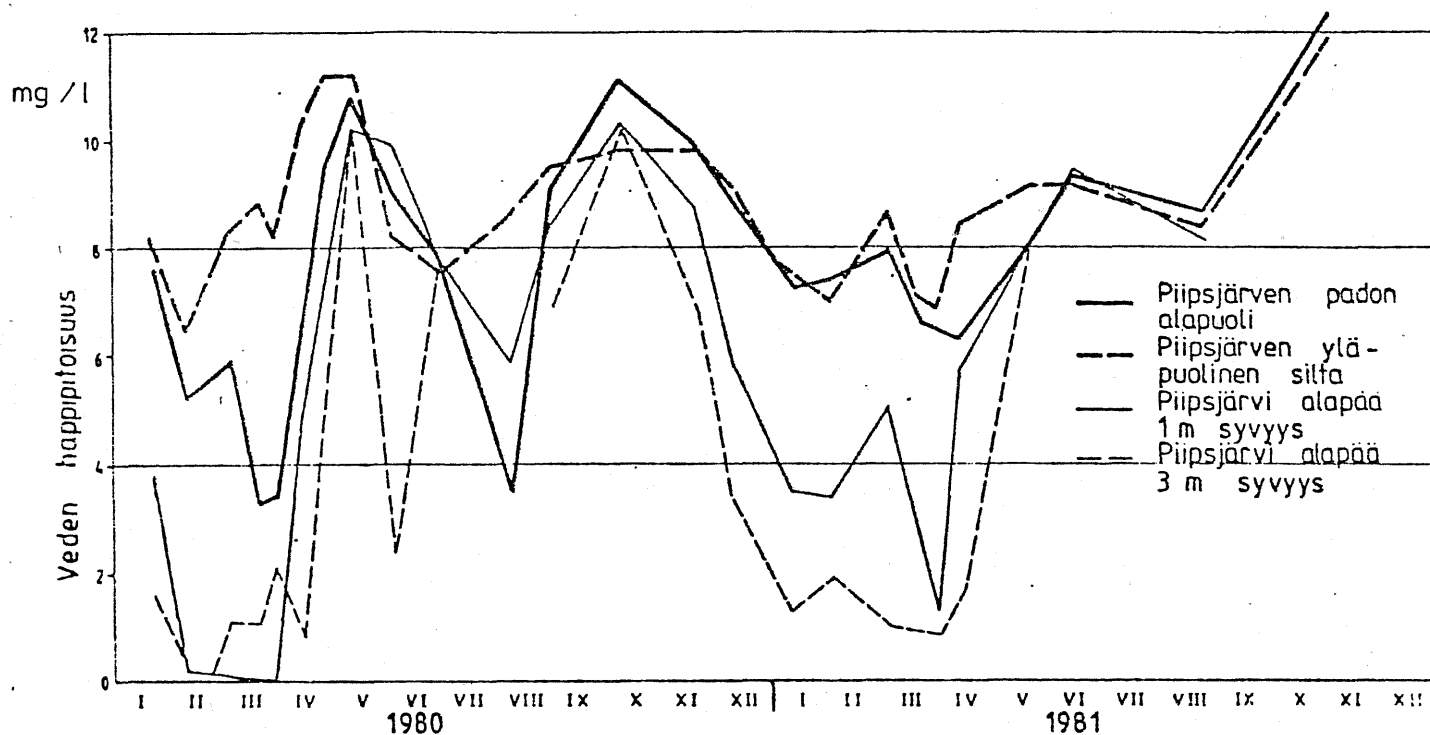


Kuva 17. Piipsjärvi ja sen ympäristön vesistöt.

Piipsjärven pinta-ala on $4,15 \text{ km}^2$ ja sen valuma-alueen pinta-ala 550 km^2 . Järven tilavuus on 6 milj.m^3 . Ennen vedennostoa järven pohja oli tulva-aikoja lukuunottamatta kuiva. Rakennettu pohjapato nosti kuivan ajan vesipintaa välittömästi padon yläpuolella noin 3 m.

Piipsjärven veden nostolla ja rakennetulla pohjapadolla on ollut merkittävä vaikutus veden happipitoisuuteen. Piipsanjoella Piipsjärven yläpuolella on havaittu veden happipitoisuuden alenemia. Piipsjärvessä pohjakerroksissa vesi on ollut kevättalvisin hapetonta tai vähähappista.

Piipsjärven luusuassa oleva pohjapato on kohottanut veden happipitoisuuden yleensä Piipsjärven yläpuolisen veden happipitoisuuden tasolle (kuva 18). Patoon saama jääpeite heikentää Piipsjärven pohjapadon hapetuskykyä, esim. kevättalvella 1979.



Kuva 18. Piipsjärven happipitoisuuden vaihtelu Piipsjärvessä sekä sen ylä- ja alapuolella.

Piipsjärven pohjapato on tyypiltään moreenipato, jonka tiiveyttä parannettiin korjaustyön yhteydessä upottamalla patoon teräspontti-seinä. Patoon takaluiskan kaltevuus on korjauksen jälkeen noin 1:6.

3.2 KALANKULKU NURMONJOELLA

Kokeen tarkoitus oli tutkia kalan kykyä liikkua pohjapadon yli sekä ylävirtaan että alavirtaan. Koepaikaksi valittiin Nurmonjoen vähävetinen luonnonuoma. Kalojen liikkumisen seuraamiseksi kokeeseen valittiin 149 kpl järvitaimenia. Järvitaimenten mitat olivat keskimäärin: paino 100 g ja pituus 20 cm. Taimenet istutettiin 14.8.1981 kahden pohjapadon väliseen suvantoon, jonka pituus oli 50 m. Pohjapatojen paikat on kuvassa 16 paalulukemilla 341+30 ja 341+80.

Taimenten kulun seuraamiseksi asetettiin 17.8.1981 kaksi rysää. Toinen sijoitettiin välittömästi ylimmän pohjapadon (pl. 379+20) muodostamaan suvantoon siten, että kaikki padon ylittävät kalat jatkaesaa matkaa joutuivat rysään. Toinen rysä asetettiin istutussuvantoon, jotta selviäisi uiko taimen yleensä rysään. Rysät tarkistettiin ja tyhjennettiin viikoittain. Rysät poistettiin 1.10.1981.

Pl. 379+20 rysään (ylempään) ei taimenia mennyt. Istutussuvannon rysässä oli taimen 4 kertaa. Kumpaankin rysään kohdistui kerran ilkivaltaa. Taimenia saatiin sähkökalastuksella istutussuvannon alapuolelta (taulukko 14).

Taulukko 14. Kokeen aikana suoritettut sähkökalastukset
Nurmonjoen vähävetisen uoman koskiosuuksilla.

Pvm.	Paaluväli, jolla sähkökalastus suoritettiin	Kiinni saatujen taimenien lukumäärä kpl
27.8.	378+50 - 379+00 (istutusp.yläp.)	0
"	361+80 - 362+00 (istutusp.yläp.)	0
24.9.	341+00 - 341+30 (istutusp.alap.)	5
"	321+50 - 322+50 (istutusp.alap.)	1
1.10.	349+50 - 351+00 (istutusp.yläp.)	0

Taimenten liikkeiden havaitsemiseksi laskettiin myös 3 kpl verkkoja, joiden silmäkoko oli 25 mm. Verkkokalastuksia suoritettiin istutussuvannon ylä- ja alapuolella. Syyskuun 10...11. päivinä paalulla 361+70, 347+20 ja 348+80 sekä syyskuun 16...17. päivinä paalulla 326+20 ja 310+00 suoritetuissa verkkokalastuksissa ei saatu ainoatakaan taimenta.

Suuri osa (9/10) kiinnisaaduista taimenista oli istutussuvannossa tai sen alapuolisessa virtauspaikassa. Ainakaan Nurmonjoen tapauksessa taimenet eivät tutkimusaikana juuri kulkeneet pohjapatojen yli.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 POHJAPATOJEN LIITTYMINEN MUUHUN VESISTÖRAKENTAMISEEN

Suurin osa pohjapadoista on rakennettu tulvasuojelu- ja voimalaitoshankkeiden yhteydessä. Inventoinnissa käsitellyistä 96 jokien ja uomien pohjapadoista 25 kpl on rakennettu joen aliveden pintojen alenemisen estämiseksi tai näiden vesipintojen nostamiseksi. Vanhan myllypadon entisöimis- tai kastelutarkoituksessa oli rakennettu 12 pohjapatoa. Allas- ja voimalaitostöiden yhteydessä on tehty 43 pohjapatoa vähävetisiin luonnonuomiin, 14 pohjapatoa kaivettuihin uomiin sekä 2 kpl voimalaitoksen alapuolelle erityisistä syistä.

Monet suunnitelmat tulevaisuudessa kohdistuvat saman tyyppisiin kohteisiin kuin edellä. Lisäksi pohjapatoja suunnitellaan voimalaitoksen vuorokausisäännöstelyn aiheuttamien vedenkorkeuksien vaihteluiden tasaukseen. Taajamien halki kulkevien jokien alimpia vedenkorkeuksia nostetaan vesimaiseman kunnostamiseksi.

Pohjapadot eivät saisi aiheuttaa haitallista muutosta rakennettaessa luonnontilaisiin tai arvokkaita kulttuurimaisemia sisältäviin jokiin. Pohjapatojen rakentaminen ei palauta alkuperäistä tilannetta, joka on muuttunut vesistö rakentamisen johdosta. Pohjapatojen avulla voidaan parantaa tehtyjen ratkaisujen toimivuutta ja sopeuttaa vesistötöitä ympäristöön.

Inventoinnissa ilmenneet puutteelliset tiedot pohjapatojen suunnittelussa viittaavat siihen, että tähän mennessä saatuja kokemuksia tulisi käyttää hyväksi pohjapatojen suunnittelussa ja rakentamisessa.

Tutkimusta ja suunnittelua pitää lisätä rakenteellisten seikkojen lisäksi myös vaikutusten osalle. Erityisesti vedenlaatua ja maisemaa koskevaa tutkimusta tulisi lisätä.

4.2 POHJAPATOJEN VAIKUTUS

4.21 Geotekninen merkitys

Kokemukset pohjapatojen geoteknisestä merkityksestä ovat melko vähäiset. Yhdessä kohteessa on aiempia rantasortumia pyritty padotuksen avulla poistamaan, ja siinä on osittain onnistuttu. Kuitenkin rantasortumia on vielä tapahtunut, sillä kiinteillä pohjapadoilla ei vedenkorkeutta ole voitu nostaa tarpeeksi korkealle aiheuttamatta samalla ongelmia ylivirtaamien aikaan.

Kahdessa kaivetussa uomassa ja yhdessä peratussa uomassa on pohjapadoilla parannettu rannan vakavuutta. Vedenkorkeuden suhteelliset nousut ovat niissäkin melko pieniä.

Jos pienehkö vedennosto riittää hyväksyttävän vakavuuden saamiseksi, on kiinteä pohjapato edullinen ratkaisu. Kun taas vesipinnan noston pitää olla suuri riittävän rannan vakavuuden saavuttamiseksi, voidaan käyttää säädettävää patoa. Kiinteää pohjapatoa käytettäessä aiheuttaa suuri vesipinnan nosto vahinkoja ylivirtaamalla. Kuitenkin säädettävän padon rakentamis- ja käyttökustannukset saattavat nousta kohtuuttoman suuriksi saavutettuun hyötyyn verrattuna. Tällöin vakavuusongelmat ratkaistaan muulla tavalla.

4.22 Eroosion estäminen

Luonnonuomat ovat aikojen kuluessa hakeneet yleensä itselleen verrattain pysyvän tilan, joten luonnonuomissa patoja ei ole käytetty eroosion estoon. Kaivetuissa uomissa on useassa kohteessa pyritty virtausnopeutta alentamaan juuri eroosion takia. Menetelmä on ollut erittäin käyttökelpoinen, eikä eroosiota ole tapahtunut pohjapatojen muodostamisessa suvannoissa.

Pohjapadon rakentamisen jälkeen eroosio-ongelma on esiintynyt padon alapuolisessa nopean virtauksen alueessa, kun vedennopeus on ylittänyt maalajin rajanopeuden. Ulottamalla padon kivi- tai betonirakenteiden vaimennusallas riittävän pitkälle olisi syntyneet vahingot voitu välttää.

Lisäksi joissakin tapauksissa on tapahtunut eroosiota patojen päissä. Syöpyminen alkaa pohjapadon ja rantaluiskan liittymäkohdasta. Tämän johdosta on rantaluiska aina vahvistettava (riippuen maalajista) tasolle ylävesipinta + 0,5 m sekä tiivisteosa ulotettava rantaluiskassa myös samalle tasolle.

Usein tapahtuu rannan syöpymisestä vedenkorkeuden vaihdellessa vuorokausisäännöstelyn tai muun syyn vuoksi. Kasvillisuus ei voi tarttua vaihteluvälin alaisen rantaluiskan osaan, jolloin eroosio syövyttää paljasta

rantaa. Veden edestakaisen liikkeen aiheuttama eroosio kuluttaa ja jyrkentää luiskaa. Tämä puolestaan aiheuttaa luiskan sortumista. Vedenpinnan nopea muutos aiheuttaa ajioittain rantatörmään huokosvesipainetta. Tämä osaltaan lisää rannan eroosiota. Pohjapadolla saadaan vedenpinnan vaihte-luita tasattua ja rantojen kuluminen vähenee. Kokemuksia pohjapadon käytöstä yksinomaan kulumisen estoon ei ole, vaikka sama vaikutus on saatuu aikaan muiden syiden perusteella rakennetuilla pohjapadoilla.

4.23 Suppojään estäminen

Kokemukset suppojään estosta pohjapadolla ovat vähäiset. Vain Pyhäjoen Madetnevan pato on rakennettu tästä syystä. Sen yläpuolisella jokiosalla on ollut suppovaikkeitä, jotka johtuvat liian suuresta virtausnopeudesta. Padolla saatiin yläpuolisen jokiosan vedennopeus alennettua alle 0,6 m/s ja dynaaminen jäänmuodostus muuttui staattiseksi.

Kyseisellä padolla syntyi vaikeuksia, kun vedennopeus padon takaluiskassa ylitti 1,2 m/s. Pienillä virtaamilla muodostui pohjajäätä padon kiviin. Vähitellen pohjajää kasvoi umpeuttaen koko padon ja joki tulvi veden kiertäessä padon ohi. Patoa korjattiin seuraavana kesänä ja siihen rakennettiin alivirtaama-aukko. Sen jälkeen pohjajäätä ei ole muodostunut patoon.

Teorian ja edellä esitetyn käytännön ratkaisun perusteella padotus on teknisenä toimenpiteenä eräs ratkaisu suppo-ongelmiin. Sillä saadaan aktiivisten hyydehileiden muodostuminen ehkäistyä.

Käytännössä törmätään usein taloudelliseen kannattavuuteen ja padotuksen käyttö saattaa johtaa kalliisiin pato- ja pengerratkaisuihin, joiden perusteleminen yksistään suppotulvien ehkäisyn hyödyt eivät riitä. Jos hyydealueen patoamiseen ja veden nopeuden alentamiseen alle 0,6 m/s riittää yksi pato tai harvaan sijoitettu patosarja, niin se on erittäin sopiva keino suppotulvien ehkäisyssä. Useimmat hyytävät jokiosuudet ovat sellaisia etteivät edellä mainitut keinot auta suppo-ongelmien hoidossa.

4.24 Veden laadun muutokset

Suvannon vaikutus veden laatuun on vähäinen, kun veden viipymä pohjapadon yläpuolisessa suvannossa on lyhyt. Jyrkkäluiskainen pohjapato hapettaa vettä luonnonkoskea paremmin erityisesti talvella. Parhaimmat hapetusominaisuudet on ylisyyksypadolla.

Yläpuolisella suvannolla on vaikutusta veden laatuun, kun veden viipymä kasvaa huomattavasti rakennetun pohjapadon johdosta. Veden kiintoainepitoisuus ja siitä riippuvat tekijät vähenevät laskeutuksen tuloksena. Lisäksi vedessä tapahtuu hajotustoimintaa, joka kuluttaa happea. Joissakin tapauksissa (esim. Piipsjärvi) veden happipitoisuus saattaa loppua osasta yläpuolista suvantoa tai järveä.

Vähävetisissä uomissa tulee uoman rantojen aiheuttama kuormitus merkittäväksi tekijäksi. Tämä näkyy mm. Nurmonjoella kohonneina veden fosforipitoisuuksina.

4.25 Vesihuollon tarpeet

Pohjapatojen avulla on jokeen tehty suvantoja, joissa alimmat vedenkorkeudet ovat nousseet, jolloin vedenottolaitteiden sijoittaminen on

ollut mahdollista. Suvanto muodostaa vesivaraston, jolloin veden riittävyys varmistuu. Korkeimmat epäpuhtaudet laskeutuvat suvannon pohjalle joutumatta vedenottolaitteisiin.

Patojen muodostamia suvantoja on käytetty edellä mainituista syistä useissa kohteissa kastelu- ja karjatalousveden ottoon. Vettä otetaan vähäisiä määriä kesäisin. Poikkeuksena ovat kastelua varten rakennetut varastoaltaat, joita on 4 kpl.

Seinäjoessa on neljä muista poikkeavaa pohjapatojen suvantoa. Yhdestä suvannosta ottaa Seinäjoen kaupunki raakaveden kaupungin asukkaiden vedentarpeen täyttämiseksi. Toisessa suvannossa on vedenottajana VaPo, joka käyttää sen teollisuuden raakavetena. Kahdella pohjapadolla on suvannossa vedenpinta nostettu siten, että pohjaveden pinta pysyy riittävän korkealla, jotta lähiympäristön kaivot eivät kuivu.

Pohjapatoja voi käyttää myös jäteveden haittojen rajoittajana. Suvannon aiheuttama virtausnopeuden hidastuminen saattaa parantaa veden luontaisen biologisen puhdistumisprosessin olosuhteita. Suvanto toimii samalla mekaanisena selkeytysaltaana (Ril, Vesihuolto, 1981).

4.26 K a l a n k u l k u

Inventoinnin perusteella kalojen kulkuun ja elinolosuhteisiin ei ole kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota. Suunnittelun on estänyt yhtenäisten periaatteiden puute, sillä eri vesipiireissä on ristiriitaisia käsityksiä kalan kulkumahdollisuuksista ja -tarpeista. Kirjallisuustietojen ja tutkimustulosten perusteella olisi luotava yhtenäinen käytäntö, jota voitaisiin hyödyntää pohjapatojen suunnittelussa.

Niiden pohjapatojen kohdalla, joissa loiva takaluiska ja alivirtaama-aukko muodostavat kaloille kulkutien, ei vastausten mukaan kalankulku ole estynyt. Muutoin kalankulku estyy ainakin ajoittain. Betonirakenteiset ja säädettävät pohjapadot, joissa on jyrkkä takaluiska ja suuri putouskorkeus, estävät aina kalankulun padon yli. Näihin on tehty joitakin kalaportaita, joiden käyttökokemukset ovat kuitenkin vähäiset, eikä varmuutta niiden toimimisesta ole. Muuttuneet elinolosuhteet eivät yleensä ole vaikuttaneet lohensukuisten kalojen häviämiseen, sillä pohjapadot on rakennettu sellaisiin kohtiin, joissa lohensukuisia kaloja ei ole tai ne ovat muista syistä hävinneet.

4.27 V e s i m a i s e m a

Suurimmalla osalla tähän mennessä rakennetuista pohjapadoista on pyritty kunnostamaan jokimaisemaa. Hoitotarve on syntynyt jokia perätaessa tai allas- ja voimalaitostöiden yhteydessä syntyneissä vähävetisissä tai kaivetuissa uomissa. Kunnostustehtävässä on yleensä onnistuttu, mutta myös virheitä on sattunut. Patojen keinotekoisella muotoilulla ja virheellisillä materiaalivalinnoilla on saatu aikaan joitakin haitallisesti silmiinpistäviä patoratkaisuja, jotka eivät sovellu ympäristöönsä. Toinen ongelma-alue on rehevä vesikasvillisuus, joka ei ole vähentynyt patoaltaiden vesisyvyyden jäädessä liian alhaiseksi. Kolmantena ongelmana on padon sijoitus jokeen. Tasaiseen jokiuomaan muodostuu helposti teennäinen tunnelma, jos padon yläpuolella joki on täynnä vettä ja alapuolella pohjakivet paistavat silmään. Virheitä olisi voitu välttää tarkemmalla suunnittelulla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että maisemallisen suunnittelutaidon puute on usein johtanut ratkaisuihin, jotka ovat parantaneet tilannetta, mutta kaikkia mahdollisuuksia ei ole käytetty. Pohjapadot soveltuvat hyvin vesimaiseman parantamiseen, mutta alue, jolla liikutaan on erittäin virhealtis. Tämä edellyttää suunnitelmatarkkuuden parantamista.

4.28 Virkistyskäyttö

Inventoinnin perusteella voidaan päätellä, että lähes puolet pohjapadoista on rakennettu virkistyskäyttömahdollisuuksien kohentamiseksi. Uintimahdollisuudet ovat parantuneet, kun on saavutettu riittävä vesisyvyys. Veneilymahdollisuudet ovat parantuneet jonkin verran.

Kahden padon vaikutusalueella on jokisuvantoon tehty yleinen uimaranta. Muutoin parantuneita olosuhteita on hyödyntänyt paikallinen asutus tai loma-asutus. Muutamia loma-asuntoja on rakennettu pohjapatojen muodostamien suvantojen rannoille.

Padotus on tyydyttävä menetelmä virkistyskäyttömahdollisuuksien parantamisessa. Erityistä paranemista voi tapahtua kuitenkin vain uinnin osalla vesisyvyyden kasvaessa ja rannan laadun parantuessa. Padotus voi palvella myös erityisiä virkistysharrastuksia, kuten esim. linnustusta.

4.3 POHJAPATOJEN RAKENNE

4.31 Materiaalin valinta

Materiaalin valinta riippuu pohjapadolta vaadituista ominaisuuksista, perusmaan laadusta sekä pohjapadon rakennus- ja kunnossapitokustannuksista. Käytetyt perusmateriaalit ovat maa-ainekset ja betoni.

Maarakenteinen pohjapato on edullinen vaihtoehto, jollei pohjapadolla ole erityisvaatimuksia. Yleensä materiaalit rakenteen eri osiin ovat helposti saatavilla. Rakenteen eri osien ominaisuuksia voidaan parantaa erityismateriaaleilla (pontti, haat). Kivi- ja lohkareverhoilulla saadaan rakenne sulautumaan maisemaan.

Inventoinnissa ilmeni runsaasti vaurioitumisia patojen verhoilussa. Riittävä kivikoko, joka vielä sidotaan betonilla ja teräshaoin, vähentäisi kunnossapitotoimenpiteitä. Routimisalttiisiin kohtiin tehdyt padot olisi rakennettava routimattomista rakenteen vaatimukset täyttävistä materiaaleista tai padon vesitiiviys on hoidettava esim. ponttiseinällä.

Betonirakenteisia pohjapatoja on käytetty harvoin ellei erityistä syytä betonin käyttöön ole ollut. Betonia käytetään patoihin, joihin pitää kiinnittää veden virtauksen säätölaitteet tai muodon on oltava erityinen, kuten mittapadossa tai ilmastuspadossa. Myös vanhojen myllypatojen entisöinnissä betoni on usein ainoa vaihtoehto ulkonäön ja tilan-ahauden takia.

Maarakenteen sijasta on betonia käytetty myös silloin kun sopivia maa-aineksia ei ole saatavilla tai kunnossapitotoimenpiteet olisivat olleet vuosittaisia verhoilun eroosion takia.

Betonirakenteen huonona puolena on, että se tulee perustaa kantavalle pohjalle. Tämä saattaa rajoittaa pohjapadon paikan valintaa. Betonipato voidaan tarvittaessa perustaa paaluille. Tällöin on padon alustan tiiveyteen kiinnitettävä erityistä huomiota ja ratkaisu on kallis. Betonirakenne poikkeaa aina ympäröivästä luonnosta. Muotoilulla voidaan poikkeaminen saada positiiviseksi yksityiskohdaksi maisemassa.

Yhdistelemällä betoni- ja maarakenteisia pohjapadon osia voidaan käyttää hyödyksi kummankin materiaalin hyvät ominaisuudet. Tällöin säästetään myös rakennuskustannuksissa. Yhdistelmät on kuitenkin tarkoin harkittava, sillä inventoinnissa havaittiin huonojakin yhdistelmä rakenteita. Esimerkkinä voidaan mainita Hirvihaaranjoen Lontoon pohjapato, jossa tiivisteosaksi jätettiin paikalla ollut savi ja tukiosaksi tuotiin soraa, kiviä ja louhetta. Pato verhoiltiin 20 cm paksulla betoni-kerroksella. Tällaisella perustuksella oleva laaja, ohut betonilaatta ei kestä halkeilematta.

4.32 Maarakenteisen pohjapadon rakentaminen ja kunnossapito

Inventoinnin perusteella maarakenteisten pohjapatojen pääongelma on verhoilun eroosioalttius. Eroosion on aiheuttanut joko veden virtaus tai jäiden sysäykset.

Yleinen takaluiskan verhoilun kulumistapa on suoran luiskan kuluminen porrasmaiseksi. Ensimmäinen porras syntyy välittömästi harjaverhouksen taakse, toinen ensimmäisen portaan juureen jne. Verhoilun syöpyminen saattaa myös alkaa pohjapadon takaluiskan juuresta, jossa vedennopeus on suurin. Tällaiset vauriot voidaan estää valitsemalla verhoukseen riittävän suuria kiviä. Jään aiheuttama eroosio verhoilulla tapahtuu, kun jäälautat sysäyvät padosta esiin pistäviä kiviä alavirtaan päin. Kiven koolla ei tällöin ole merkitystä. Vaurioitumisen voi estää rakentamalla takaluiska sileäksi ja loivaksi.

Inventoinnissa olleet pohjapadot, joissa eroosio on kuluttanut verhoilua, olisi korjattava edellä kuvattujen periaatteiden mukaan ennen kuin padon aremmat osat joutuvat alttiiksi ulkoiselle eroosiolle. Inventointi osoitti, että rakenteen suunnittelussa tapahtuneet virheet, kuten liian suuri padotuskorkeus tai routivan materiaalin käyttö pohjapadon osissa, joihin pakkaneen pääsee tunkeutumaan, ovat kalliita ja hankalia korjata jälkeenpäin.

Havaittiin myös, että pohjapatoja oli rakennusvaiheessa siirretty ja padotuskorkeutta ja rakenteita muutettu suunnitelmista poikkeaviksi suunnittelijoiden tietämättä. Rakentajan havaitessa muutostarpeen on siitä neuvoteltava suunnittelijan kanssa ja mahdolliset muutokset merkittävä muistiin. Pohjapadon muuttaminen suunnitelmista poikkeavaksi voi aiheuttaa ei-toivottuja vaikutuksia tai rakenteen vaurioitumisen.

Vähävetisissä uomissa maarakenteisiin pohjapatoihin voi syntyä runsas kasvillisuus mikäli virtaamat ovat niin pienet, että pato on miltei aina suurimmaksi osaksi kuivana. Pohjapatoihin tarttunut kasvillisuus olisi poistettava vuosittain.

5. SUOSITUKSET POHJAPATORAKENTAMISEN KEHITTÄMISEKSI

5.1 SUUNNITTELU

5.11 Yleissuunnittelu

Pohjapadon yleissuunnittelussa yksilöidään pohjapadon tai -patojen rakentamisen tavoitteet. Tällöin määritetään pohjapadon paikka, padotuskorkeus, padon harjan muoto sekä pääasiallinen rakennusmateriaali.

Padon paikalla määrävänä tekijänä on perustamisolosuhteet. Padotuskorkeus määräytyy padon kynnyskorkeuden sekä padon harjan muodon ja pituuden perusteella. Padotuskorkeus määrää yläpuolisen vesimaiseman. Vedennostoa rajoittavana tekijänä ovat yläpuoliset rakenteet sekä yläpuolisten rantojen kuivatusolosuhteet.

Erityisesti vuorokausisäännöstelyn yhteydessä joudutaan virtaamien ja vedenkorkeuksien säätelyä varten rakentamaan säädettäviä pohjapatoja.

Ainakin periaatteessa pohjapadon paikka, padotuskorkeus, harjan muoto sekä padon rakenne määritetään taloudellisen vertailun pohjalta. Tällöin rahalla vaikeasti mitattaville arvoille, kuten vesimaisema, annetaan sopiva painoarvo.

Jo yleissuunnitteluvaiheessa on pyrittävä arvioimaan padotuksen vaikutus veden laatuun. Mikäli on tarpeen, pohjapadon yhteyteen tehdään tarvittavat rakenteet veneiden siirtämiseksi padon ohi sekä huolehditaan myös kalojen kulkumahdollisuuksien turvaamisesta. Kalojen kulkumahdollisuuksien järjestäminen patojen ohi vaatii lisätutkimuksia.

Pato voidaan sovittaa maisemaan ehdottamalla padon pintamateriaaliksi ympäristöstä saatavaa luonnonkiviverhousta. Erityisesti pitkissä padoissa suoria patolinjoja tulisi välttää.

5.12 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelun lähtökohdana on yleissuunnitelma. Rakennesuunnitelman tavoitteena on geoteknisesti kestävä ratkaisu sekä padon soveltuvuus ympäristöön.

Maarakenteisissa pohjapadossa pintamateriaalin tulee olla riittävän kestävä (iso kivikoko) ja hyvin kiinnitettyä (haat, maabetoni), että jäät ja isot virtaamat eivät hajota patorakennetta. Mahdollisuus vesitiiviiden vähentämiseen padon routimisen kautta on otettava huomioon tarkastelussa. Padon routimisvauriot voidaan estää käyttämällä routimatonta materiaalia ainakin osittain vesipinnan yläpuolelle jäävisissä padonosissa ja huolehtimalla vesitiiviyydestä ponttiseinällä. Pienet virtaamat talviaikaan joudutaan keskittämään tiettyyn padon osaan suppohaittojen estämiseksi.

Vähävetisissä uomissa on kiinnitettävä huomiota myös padon tiiviyyteen, että padon yläpuolinen vesipinta nousee padon harjan tasolle.

5.2 PADON RAKENTAMINEN

Lähtökohdana tulee olla, että pato rakennetaan tehtyjen suunnitelmien mukaan. Mikäli suunnitelmista joudutaan poikkeamaan, asia sovitaan

yhdessä suunnittelijan kanssa ja tehdyt muutokset kirjataan kunnossapidon helpottamiseksi.

Padon rakentaminen kuiva- tai märkätyönä joudutaan ratkaisemaan tapauskohtaisesti. Padon rakentaminen on syytä ajoittaa alivirtaamakauteen kesällä tai talvella.

Padon rakennekerrosten tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Padon pintaverhousta joudutaan usein korjaamaan parin, kolmen vuoden kuluttua rakentamisesta. Padon reunatiivistykset on syytä ulottaa ylävesipinnan yläpuolelle.

Pohjapadon viimeistelyyn tulee kiinnittää huomiota. Esim. normaalin vesipinnan yläpuolelle jäävät lohkareet voitaneen peittää istutuksin. Pohjapadon yläpuolella veden alle jäävä ranta raivataan ennen vedenpinnan nostoa. Samoin törmitetään tarpeen mukaan tuleva rantaviiva.

5.3 TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTA

Tähän mennessä saatujen kokemusten pohjalta olisi syytä esittää tyyppiratkaisut erilaisille perustamisolosuhteille tehdyille pohjapadoille. Lisäksi tehtävien tyyppiratkaisujen yhteyteen esitetään selostukset ratkaisujen muunneltavuudesta eri olosuhteisiin, esim. pienille alivirtaamille, pitkiin patoratkaisuihin jne.

Erityisesti on selvitettävä kalojen kulkumahdollisuutta pohjapatojen yli tai ohi. Samoin on selvitettävä erityyppisten pohjapatojen ilmastusominaisuuksia myös talviaikaan, kun padot ovat osittain tai kokonaan jään peitossa.

Erityisesti vähävetisissä uomissa on tarkennettava tietoutta pohjapatojen vaikutuksesta veden laatuun sekä yläpuolisen suvannon ranta- ja vesikasvustoon.

Suunnittelun apuvälineeksi on kehitettävä menetelmiä, joiden avulla voidaan arvioida pohjapatojen soveltumista ympäröivään vesimaisemaan. Tällaisina menetelminä tulevat kysymykseen esim. perspektiivikuvat tulevasta tilanteesta.

Betonisten pohjapatojen rakentamisessa olisi syytä tutkia elementti-tekniikan käyttömahdollisuuksia. Tällöin patojen osien valu tapahtuisi tehtaassa ja osat liitettäisiin yhteen rakennuspaikalla.

Pienehköjä vesistöjä varten tulisi jatkaa kumi- ja muovirakenteisten patojen kehittelyä. Niiden etuna olisi asentamisen nopeus sekä rakenteiden keveys.

YHTEENVETO

Pohjapatoja on rakennettu vesihallituksen sekä voimalaitosyhtiöiden toimesta pääasiassa 1970-luvulla vesistötöiden yhteydessä. Pääosa padoista on rakennettu vesimaiseman parantamiseksi sekä vesien virkistyskäyttömahdollisuuksien lisäämiseksi. Osa pohjapadoista on rakennettu myös geoteknisistä syistä uomien vakavuuden parantamiseksi ja nopeasta virtauksesta johtuvien uoman syöpymien vähentämiseksi. Myös suppojääongelmia on pyritty poistamaan pohjapatojen avulla.

Selvitykset rakennettujen pohjapatojen rakenteellisesta toimivuudesta puuttuvat. Samoin tiedot pohjapatojen vaikutuksesta vesien eri käyttömuotoihin ja veden laatuun sekä patoaltaiden täyttymiseen (liettymiseen). Yleensä pohjapatojen näkyvät rakenteelliset vauriot on korjattu.

Tietoja rakennetuista pohjapadoista pyrittiin hankkimaan kyselyn avulla. Tehtyä kyselyä tarkennettiin maastokäynneillä. Kesä 1981 oli runsasvetinen, mikä haittasi havainnointia maastokäyntien aikana. Tietoja saatiin kaikkiaan 96 pohjapadolta. Ne edustavat pääosaa 1950-luvun jälkeen rakennetuista pohjapadoista.

Nurmonjoen vähävetisessä uomassa tutkittiin vaelluskalojen mahdollisia liikkeitä pohjapatojen ylitse istuttamalla kahden pohjapadon väliin järvitaimenia ja suorittamalla koekalastuksia istutussuunnassa sekä sen ylä- ja alapuolella. Veden laadun muutoksia Nurmonjoen vähävetisessä uomassa pyrittiin arvioimaan käytettävissä olevaa veden laatuainestoa tilastollisesti käsitellen. Lisäksi käytettiin hyväksi myös muut pohjapatojen vaikutuksia koskevat veden laatuhavainnot.

Tutkimuksen mukaan maarakenteisissa pohjapadoissa on tapahtunut runsaasti roudan, jään ja virtaavan veden aiheuttamia vaurioita. Routa ja jäät ovat vaurioittaneet yleensä padon harjaa. Virtaava vesi on syövyttänyt padon alapuolista tukirakennetta sekä padon reunoja, kun tiivistys ei ole yltänyt riittävän kauas uoman luiskiin.

Kyselyn tulosten perusteella pohjapadoilla on yleensä vesimaisemaa parantava vaikutus. Lisäksi vesipinnan noston johdosta pohjapadot ovat parantaneet vesien virkistyskäyttöä.

Kyselyn perusteella ei juuri saatu tietoja pohjapatojen vaikutuksesta veden laatuun. Havaintojen mukaan pohjapadot yleensä lisäävät veden happipitoisuutta. Jos veden viipymä kasvaa oleellisesti pohjapadon yläpuolisessa vesistönosassa, saattaa syntyneessä suunnassa esiintyä hapen vajausta. Veden kiintoainepitoisuus yleensä alenee. Mikäli joki-rannoilla on kuormitusta, veden ravinnepitoisuus kasvaa ainakin vesistöissä, joissa virtaama on pieni.

Selvityksen mukaan olisi suunniteltava tyyppikuvat erilaisiin perustamis- ja virtaamaolosuhteisiin soveltuvista pohjapadoista. Samoin tulisi laatia ohjeet pohjapatojen sovittamisesta vesimaisemaan.

Jo olemassa olevien pohjapatojen yhteydessä tulisi tarkentaa tietoutta pohjapatojen vaikutuksesta veden laatuun. Erikseen on laadittava ohjeet ratkaisuksista, joilla voidaan turvata kalojen liikkuminen patojen ohitse.

1. Pato ja padon paikka

- padon nimi _____
- padon omistaja _____
- vesipiiri _____
- kunta _____
- kylä _____
- vesistö _____
- joki _____

Liitä mukaan kartta alueelta 1:20 000 ...
1:50 000 , johon padon sijainti on merkitty.

2. Padon rakennusaika

- milloin pato on rakennettu _____
- onko patoa muutettu _____
- milloin muutos suoritettiin _____
- miksi muutos suoritettiin _____

3. Padon hydrologia

- HQ _____ m^3/s
- MQ _____ m^3/s
- NQ _____ m^3/s
- säännöstelyvirtaamat, -ajankohdat _____
- padotuksen vaikutukset vedenkorkeuteen, kun
HW on _____ cm , MW _____ cm ja NW _____ cm (likimain)
- padotusaltaan suurin syvyys _____ cm
- padotusaltaan keskisyvyys _____ cm keskivirtaamall
- padotusaltaan pituus _____ cm

4. Padon rakenne ja rakentaminen

- pituus _____ m
- leveys _____ m
- korkeus _____ m
- runkomateriaalit _____
- tiivistemateriaalit _____
- verhoilumateriaalit _____
- maalaji, jolle pato on perustettu _____
- onko vaimennusallasta _____
- onko pato tehty a) kesätyönä _____
b) talvityönä _____
- onko pato tehty a) kuivatyönä _____
b) rakennettu veteen _____
- rakentamisessa mahdollisesti ilmenneet vaikeudet _____

- pato rakennettiin a) vesioikeuden lopullisella luvalla _____
b) vesioikeuden työluvalla _____
c) sopimuksella haitankärsijöiden kanssa _____
- vesioikeuden lupapäätöksen asettamat padon rakentamista tai vaikutuksia koskevat velvoitteet _____

- onko vedenkorkeuden säätölaitteita _____
- mitkä _____
- onko jään ylityslaitteita _____
- mitkä _____

Liitä mukaan padon poikki-, pituus- ja vaakaleikkaukset.

Jollei piirustuksia ole mahdollista saada, niin piirrä periaatteelliset piirrokset tähän oheen.

- mitkä olivat rakennuskustannukset _____ mk
vuoden 19__ hintatasossa yhteiskustannuksineen

5. Haitallisten vaikutusten korvaus

- mistä haitoista on haitankärsijöille maksettu korvauksia _____
- kuinka suuri osa haitoista sovittiin ennakkosopimuksella _____
- kuinka suuri osa haitoista on korvattu vesioikeuden päätöksellä _____

6. Padon käyttö ja kunnossapito

- kuka huolehtii padon käytöstä ja kunnossapidosta _____
- kerääkö pato roskia _____
- onko roskia jouduttu poistamaan _____
- mitkä olivat toimenpiteet _____
- mitkä ovat padon käyttö- ja kunnossapitokustannukset _____ mk/vuosi
- onko pato vaurioitunut _____
- vaurioitumisen syy oli
 - a) veden virtaus _____
 - b) jään paine _____
 - c) liikkuvien jäiden aiheuttama sysäys _____
 - d) routiminen _____
 - e) veden suotautuminen padon läpi _____
 - f) muu, mikä _____
- mitkä olivat korjaustoimenpiteet _____
- mitkä olivat korjaustoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset _____ mk
- säädettävien patojen säätölaitteet toimivat
 - a) käsin _____
 - b) automaattisesti _____
 - c) kaukosäätölaittein _____
- milloin käytetään säätöä _____
- miten säätely suoritetaan _____
- mitkä ovat säätely kustannukset _____ mk/vuosi

7. Padon tarkoitus

Padon tarkoitus on

- a) vedenkorkeuden nosto _____
- b) lyhytaikainen vedenkorkeuden vaihtelun tasaus _____
- c) lyhytaikainen virtaaman vaihteluiden tasaus _____
- d) virtausnopeuden hidastaminen _____

8. Mistä syistä edellisen kohdan (kohta 7) tarve muodostui?

Tärkein syy merkitään 1, toiseksi tärkein 2, jne...

Ne joilla ei ole merkitystä jätetään merkitsemättä.

a) geoteknilliset syyt _____

b) eroosion esto _____

c) suppojään muodostumisen esto _____

d) maaliikenteen tarpeet _____

e) vesiliikenteen tarpeet _____

f) vesihuolto _____

g) veden laatu _____

h) virkistyskäyttötarpeet _____

i) ammattikalastus _____

j) maisemalliset syyt _____

k) voimatalouden tarpeet _____

l) muu(t) _____

mikä _____

II OSA

Padon vaikutukset seuraaviin seikkoihin. Selvitettävä myös ko. kohdassa käytetyt tutkimusmenetelmät ja arviointiperusteet.

1. Geotekniikka

- onko padon yläpuolella ennen padon rakentamista esiintynyt rantasortumia _____

- mikä oli luiskan pienin varmuuskerroin sortumista vastaan ennen padon rakentamista (NW) _____

- mikä on luiskan pienin varmuuskerroin sortumista vastaan padon rakentamisen jälkeen (NW) _____

- padolla saavutettiin vakavuuden parantamista

a) ei yhtään _____

b) vähän _____

c) huomattavasti _____

- onko padolla pyritty vähentämään maanpinnan painumaa _____
kuinka paljon pato on vaikuttanut _____

2. Eroosio

- selvitä eroosion haitat ennen padon rakentamista _____
- missä maalajeissa eroosiota tapahtui _____
- mikä oli eroosiota aiheuttava virtausnopeus _____ m/s .
- mikä on virtausnopeus padon rakentamisen jälkeen _____ m/s
- padolla saavutettiin eroosion vähenemistä
 - a) ei yhtään _____
 - b) vähän _____
 - c) huomattavasto _____
- aiheuttaako pato eroosiohaittoja padon alapuolella _____
- minkälaista _____

3. Jääolot

- muodostuiko jokeen suppoa ennen padon rakentamista
 - a) ei _____
 - b) vähän _____
 - c) paljon, aiheuttaen tulvia _____
- vähenikö vai lisääntyikö tulvia aiheuttava supon muodostus padon rakentamisen jälkeen _____
- muodostuuko hydyttä padon takaluiskaan _____
- onko sillä haitallisia vaikutuksia _____
- jäätyykö patoallas pohjaan saakka
 - a) ei _____
 - b) joskus _____
 - c) aina _____
- mitkä ovat jään ja jäätymisen aiheuttamat vaikeudet säädet-
tävien patojen yhteydessä _____

4. Liikenne

- oliko liikennöinti mahdollista jokea pitkin ennen rakentamista _____
- millä vesikulkuneuvoilla _____

- onko liikennöinti mahdollista jokea pitkin padon rakentamisen jälkeen _____
- millä vesikulkuneuvoilla _____
- voidaanko patoa käyttää joenylitystienä _____
- millä kulkuneuvoilla _____
- voidaanko patoa pitkin kulkea jalan _____
- onko padon suoman uuden ylitystien merkitys
mitätön _____
vähäinen _____
suuri _____
- voiko jokea käyttää uittossa ennen padon rakentamista _____
- voiko jokea käyttää uittossa padon rakentamisen jälkeen _____
- tarvitaanko uiton yhteydessä joitain erityisjärjestelyjä _____
- minkälaisia erityisjärjestelyt ovat
 - a) virtaamaa kasvatetaan _____
 - b) padossa on uittoväylät _____
 - c) muuta _____
 - mitä _____

5. Vesihuolto

- Käytetäänkö patoallasta vedenottoon _____
- Vedenottaja on
 - a) yleinen vesilaitos _____
 - b) yksityinen talous _____
 - c) teollisuus _____
- vedenoton vesi käytetään
 - a) talousveden raakavetenä _____
 - b) karjatalousvetenä _____
 - c) kasteluvetenä _____
 - d) teollisuuden raakavetenä _____
 - e) muuna, minä _____
- mikä on veden oton veden määrä _____ m³/vrk
- Onko altaan vaikutus vedenottoon
 - a) negatiivinen _____
 - b) ei vaikuta _____
 - c) positiivinen _____
- miksi _____
- käytetäänkö patoallasta jäteveden purkupaikkana (piste-
kuormitus) _____

- jäteveden määrä (arvio) _____ m³/vrk
 - jäteveden laatu: BHK₇ _____ mg/l, P _____ mg/l, N _____ m
 - puhdistustoimenpiteet ennen jäteveden purkua _____
-
- välittömästi (5 km) yläpuolisella joenranta-alueella on runsaasti
 - a) karjataloutta _____
 - b) peltoviljelystä _____

6. Veden laatu

- mitä tietoja tai lähteitä on veden laadusta _____
-

	ennen rakentamista	rakentamisen jälkeen
- veden . (kesän kuivan ajan havainto)		
- happipitoisuus mg/l (t = _____ °C)	_____	_____
ph	_____	_____
sähkönjohtokyky	_____	_____
väri	_____	_____
sameus	_____	_____
- happipitoisuus patoaltaan yläpuolella	min. _____	keskim. _____
- happipitoisuus patoaltaan padon yläpuol.	min. _____	keskim. _____
- happipitoisuus padon alapuolella	min. _____	keskim. _____

7. Virkistyskäyttö

- padon rakentamisen vaikutus seuraaviin virkistyskäyttömuotoihin

- Arvosanat 1 huomattavasti edistävä
 2 vähän edistävä
 3 ei vaikutusta
 4 vähän haittaava
 5 erittäin haitallinen

uinti _____
 veneily ja _____
 melonta _____
 retkeily _____
 loma-asutus _____
 kalastus _____

8. Kala ja kalastus

- Mitkä ovat jokiosan kalalajit _____
- Onko jokiosalla rapua _____
Jokiosan saalistiedot(-arviot) _____

- onko kalankulku mahdollinen pohjapadon kautta _____
- kuinka se on järjestetty _____

- onko jokiosalla kalastuselinkeinon harjoittajia _____
- vaikuttaako pato haitallisesti heidän elinkeinonsa harjoittamiseen _____
- onko jokiosalla järjestäytynyttä kalastuskuntaa _____
- onko pohjapadon rakentamiseen liittyen tehty ennakoivia kalatalousselvityksiä _____

9. Maisema

- Kuvaa maisema ennen pohjapatoa _____

- Kuvaa maisemalliset muutokset pohjapadon rakentamisen jälkeen _____

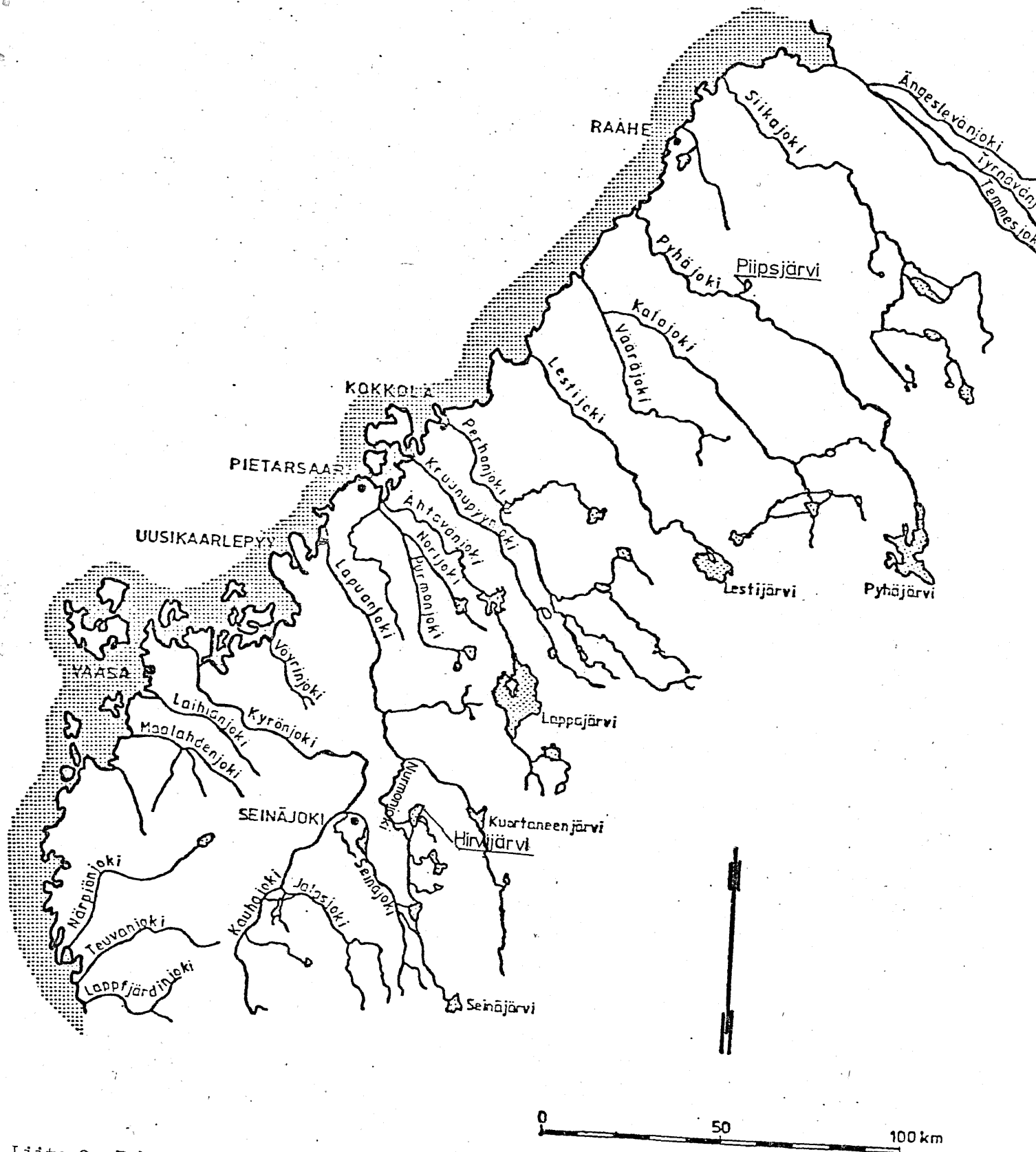
- Kuinka paljon vapaa vesipinta-ala muuttui kun pato rakennettiin _____

10. Biologia

- oliko jokiosalla leväkukintoja ennen padon rakentamista _____
- kuinka paljon _____
- mitkä ovat leväkukintojen muutokset padon rakentamisen jälkeen _____

- oliko jokiosalla uposkasvillisuusvyöhykettä ennen padon rakentamista_____
- miten vyöhyke muuttui padon rakentamisen jälkeen_____
- _____
- _____
- oliko jokiosalla kellukelehtisten kasvien vyöhykettä ennen padon rakentamista_____
- miten vyöhyke muuttui padon rakentamisen jälkeen_____
- _____
- _____
- oliko jokiosalla ilmaversoisten kasvien vyöhykettä ennen padon rakentamista_____
- miten vyöhyke muuttui padon rakentamisen jälkeen_____
- _____
- _____
- oliko jokiosalla rantakasvien vyöhykettä ennen padon rakentamista_____
- miten vyöhyke muuttui padon rakentamisen jälkeen_____
- _____
- _____
- jouduttiinko puustoa poistamaan padon rakentamisen yhteydessä_____
- padon rakentamisen vaikutukset vesilintujen esiintymiseen_____
- _____
- padon rakentamisen vaikutukset vesieläinten esiintymiseen_____
- _____

11. Mikäli patopaikalta on valokuvia ennen rakentamista ja sen jälkeen niin ne pyydetään liittämään mukaan.



Liite 2 Pohjanmaan vesistöt

